



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**O EFEITO DO ENVELHECIMENTO NAS FORÇAS DE ADESÃO À  
DENTINA**

Trabalho submetido por

**Adriana Amaral Veloso**

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**junho de 2016**



**INSTITUTO SUPERIOR DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**O EFEITO DO ENVELHECIMENTO NAS FORÇAS DE ADESÃO À  
DENTINA**

Trabalho submetido por

**Adriana Amaral Veloso**

para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por

**Prof. Doutor Vitor Tavares**

**junho de 2016**



## **Agradecimentos**

A realização deste trabalho, que representa o culminar de cinco anos de esforço, dedicação e entrega, apenas foi possível com o apoio de pessoas às quais não posso deixar de prestar os meus agradecimentos.

Assim, gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador, Prof. Doutor Vitor Tavares, por toda a disponibilidade, paciência, por todas as dúvidas esclarecidas e por todos os conhecimentos transmitidos, que em muito enriqueceram este projeto.

À minha família, em especial aos meus pais, irmão e avó, por fazerem de mim a pessoa que sou e pelo apoio e orgulho incondicional. Para vocês as palavras nunca vão ser suficientes.

À minha parceira de box, Maria Afonso, pela amizade, pelo companheirismo e por tudo aquilo que alcançámos juntas.

Aos amigos de sempre e aos amigos que ganhei nesta Academia, em especial à Vanessa, à Beatriz, às Xanas e à Raquel, por estarem sempre comigo, por toda a força e por nunca me deixarem desistir. Vocês fazem tudo valer a pena.



## **Resumo**

O envelhecimento é um processo natural e transversal a todos os seres vivos. É acompanhado por uma série de transformações fisiopatológicas com consequências significativas, ou não, na saúde oral e geral.

Os avanços nos cuidados de saúde oral verificados nos últimos anos possibilitaram um aumento da permanência da dentição natural e uma diminuição da prevalência das principais patologias orais que afetam os indivíduos idosos – doença periodontal e cárie dentária – embora estas ainda sejam relevantes.

A complexidade estrutural e morfológica da dentina torna-a um substrato ao qual é difícil aderir. Adicionalmente, com o passar do tempo, esta vai sofrendo alterações sendo a mais considerável o aumento da mineralização decorrente da oclusão dos túbulos dentinários – os principais constituintes da microestrutura deste tecido – por material inorgânico. Este processo denomina-se esclerose fisiológica e conduz, impreterivelmente, a uma diminuição da permeabilidade.

A adesão à dentina é um procedimento que inclui a substituição de material mineral por monómeros de resina. Para isso acontecer é fundamental a ação de um agente ácido, responsável pela desmineralização dos tecidos, o que possibilita a criação de micro porosidades que permitem a infiltração da resina. Neste sentido, a dentina envelhecida, por ter maior conteúdo mineral, torna-se mais resistente ao ataque ácido. Contudo, a forma como estas alterações condicionam a efetividade e a durabilidade da adesão ainda não é consensual, variando conforme os autores.

**Palavras-chave:** “dentina”, “envelhecimento”, “adesão à dentina”, “sistemas adesivos”.



## **Abstract**

Aging is a natural process and it is transversal to all living beings. It is accompanied by a series of pathophysiological changes affecting, significantly or not, oral and general health.

In the last years, advances in oral health have enabled an increase in the permanence of natural dentition and a decrease in the prevalence of the main oral diseases that affect the elderly - periodontal disease and tooth decay - although they are still relevant.

The structural and morphological complexity of dentin makes it a substrate to which it is difficult to bond. Furthermore, over time this will suffer changes of which the most significant relates to the increase in mineralization due to the occlusion of dentinal tubules - the main constituents of the microstructure of the tissue - by inorganic material. This process is called physiological sclerosis and leads, without fail, to a decrease in permeability.

The adhesion to dentin is a procedure that includes the substitution of mineral material by resin monomers. For this to happen it is essential the action of an acidic agent, responsible for the demineralization of tissues, which allows the creation of micro pores that allow infiltration of the resin. In this regard, aged dentin, having higher mineral content, becomes more resistant to acid attack. However, there is no consensus on how these changes affect the effectiveness and durability of the bond, and there are variations according to the authors.

**Keywords:** "dentin", "aging", "dentin bonding", "adhesive systems".





## Índice

I – Introdução.....	17
II – Desenvolvimento .....	21
1. Caracterização do paciente idoso .....	21
2. Caracterização da dentina.....	26
2.1. Composição.....	27
2.2. Microestrutura .....	28
2.3. Propriedades mecânicas .....	29
2.3.1. Resistência.....	29
2.3.2. Dureza.....	30
2.3.3. Elasticidade.....	30
2.4. Tipos de dentina .....	31
2.4.1. Dentina primária.....	31
2.4.2. Dentina secundária .....	32
2.4.3. Dentina terciária .....	32
2.5. Considerações clínicas .....	33
2.5.1. Permeabilidade .....	33
2.5.2. Sensibilidade.....	34
2.5.3. Resposta a estímulos.....	35
3. Alterações da dentina com o envelhecimento .....	36
4. Princípios de adesão à dentina.....	40
4.1. Conceitos básicos de adesão .....	40
4.2. Particularidades de adesão à dentina.....	40
4.3. <i>Smear layer</i> , camada híbrida e <i>tags</i> de resina .....	41
4.3.1. <i>Smear layer</i> .....	41
4.3.2. Camada híbrida e <i>tags</i> de resina .....	42
4.4. Classificação dos sistemas adesivos.....	43
4.4.1. Sistemas adesivos <i>etch-and-rinse</i> .....	43
4.4.1.1. Sistemas adesivos <i>etch-and-rinse</i> de 3 passos.....	44
4.4.1.2. Sistemas adesivos <i>etch-and-rinse</i> de 2 passos.....	46
4.4.2. Sistemas adesivos <i>self-etch</i> ou <i>etch-and-dry</i> .....	47

4.4.2.1. Sistemas adesivos <i>self-etch</i> de 2 passos.....	48
4.4.2.2. Sistemas adesivos <i>self-etch</i> de 1 passo .....	49
5. Adesão à dentina envelhecida.....	51
III – Conclusões.....	63
IV – Bibliografia.....	65

## Índice de Figuras

Figura 1 - Imagens obtidas por MEV de dentina jovem e envelhecida; a) dentina envelhecida ampliada 5000x; b) túbulo dentinário de dentina envelhecida ampliada 25000x; c) dentina jovem ampliada 5000x; d) túbulo dentinário de dentina jovem ampliada 25000x. ....	37
Figura 2 - Esclerose fisiológica a iniciar-se na porção apical da raiz (zona escurecida). ....	38
Figura 3 – Imagens ilustrativas das diferenças na desmineralização da dentina em diferentes grupos etários; a) superfície dentinária jovem (18 anos) após a eliminação do conteúdo inorgânico pelo ácido; b) túbulos dentinários com intensa exposição das fibras de colagénio (20 anos); c) túbulos dentinários com exposição das fibras de colagénio (29 anos); d) superfície dentinária envelhecida (50 anos) após a eliminação do conteúdo inorgânico pelo ácido.....	54
Figura 4 - Padrão de condicionamento ácido para a dentina jovem (a) e envelhecida (b).. ....	56



## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 - Sistemas adesivos ..... 50

Tabela 2 - Estudos comparativos dos efeitos do envelhecimento nas forças de adesão à dentina ..... 60



## **Lista de Abreviaturas**

**µm** – micrómetros

**10-MDP** - 10- metacriloiloxidecil dihidrogeno fosfato

**4-META** - 4-metacriloxietil trimelitato anidro

**Bis-GMA** – bisfenol glicidil metacrilato

**Fenil-P** - 2-metacriloxietil-fenil-hidrogênio fosfato

**GPa** – giga pascal

**HEMA** – Hidroxietil metacrilato

**JAD** – Junção Amelo-Dentinária

**Kg** – quilograma

**MEV** – Microscopia Eletrônica de Varredura

**mm** – milímetros

**MPa** – Mega pascal

**nm** – nanómetros

**OMS** – Organização Mundial de Saúde

**ONU** – Organização das Nações Unidas

**TEGDMA** – Trietilenoglicol dimetacrilato

**UDMA** – Uretano dimetacrilato

**δ** – Delta





## I – Introdução

O envelhecimento e o desenvolvimento humano são processos complexos decorrentes de alterações que surgem no organismo com o decorrer do tempo (Cannon, 2015). Nas últimas décadas tem-se verificado uma tendência crescente para a ocorrência destes acontecimentos em Portugal e na Europa, acompanhados por uma diminuição das taxas de fertilidade e mortalidade e por um aumento da esperança média de vida, esta última reconhecida como uma marcante conquista (Direção Geral de Saúde, 2014).

Portugal apresenta uma elevada percentagem de indivíduos idosos (26,6%), segundo os dados fornecidos pelo relatório “Índice Global de Envelhecimento” em 2013 e é expectável que, até 2050 este valor aumente consideravelmente, atingindo 40,4%. Estes resultados estão de acordo com a revisão publicada pela ONU em 2012 “*World Population Prospects*”, segundo a qual existe uma propensão para que os idosos se tornem mais numerosos comparativamente aos indivíduos mais jovens, prevendo que em 2050 o número de idosos atinja os dois mil milhões, o que corresponde a 20% da população mundial (DGS, 2014). Este crescimento demográfico tem sido alvo de diversos estudos com vista, entre outros parâmetros, a apurar as causas que podem estar na sua origem: melhoria das condições de vida, progressos nos cuidados de saúde e implementação de medidas de saúde pública, que permitem aumentar de forma considerável a longevidade da população (Côrte-Real, Figueiral, & Campos, 2011).

Os avanços nos cuidados de saúde oral, principalmente nos países industrializados, resultaram num aumento significativo do tempo de permanência da dentição natural e uma diminuição da prevalência de patologias orais (Côrte-Real et al., 2011). Não obstante, as doenças da cavidade oral continuam a ser um dos problemas mais relevantes de saúde pública (Côrte-Real et al., 2011), com consequências na mastigação, fonética, estética e bem-estar geral do indivíduo idoso, podendo também influenciar as atividades diárias e sociais (Ribeiro, Pires, & Pereira, 2012). As mais comuns são a doença periodontal, a cárie dentária, a xerostomia e as lesões da mucosa oral, sendo que as duas primeiras são consideradas as principais causas de perda dentária (Côrte-Real et al., 2011).

A cárie dentária é um processo que condiciona a formação de cavidades no dente. Inicialmente começa por afetar o esmalte mas, com a sua evolução, acaba por atingir

dimensões mais amplas e profundas, atingindo a dentina, um tecido mais fácil de se deteriorar (Chun, Choi, & Lee, 2014).

A dentina é um tecido constituído, maioritariamente, por matéria inorgânica – na qual se inclui a hidroxiapatite – e por uma menor quantidade de matéria orgânica – o colagénio – e água (Carvalho, Tjäderhane, Manso, Carrilho, & Carvalho, 2012). A sua estrutura é composta pelos túbulos dentinários (Montoya, Arango-Santander, Peláez-Vargas, Arola, & Ossa, 2015), cujo número e diâmetro varia consoante a profundidade, com uma maior área e diâmetro junto à polpa (Li, An, & Zhang, 2015).

O tratamento da cárie passa pela eliminação do tecido cariado, o foco da infeção, e substituição por um material restaurador. Durante cerca de 150 anos o material mais utilizado pelos profissionais foi a amálgama, que exigia e remoção de uma grande quantidade de tecido para proporcionar a retenção – essencialmente mecânica – necessária. Este material foi substituído com o surgimento das restaurações adesivas que incluíam a eliminação apenas do tecido cariado e utilização de um sistema adesivo para unir o material restaurador – a resina composta – ao tecido remanescente (Kreulen, Gerritsen, & Creugers, 2014).

A dentina é considerada o maior tecido dentário disponível para a adesão. Pela sua morfologia e fisiologia características, a adesão a este substrato é um processo desafiante, sujeito a interferências multifatoriais (Carvalho et al., 2012), contrariamente ao que se sucede no esmalte (Martins et al., 2008). Além disso, com o envelhecimento surgem alterações fisiológicas na dentina, com um aumento considerável do grau de mineralização e consequente aumento da espessura da dentina e redução da permeabilidade, o que representam ainda maiores condicionantes na estabilidade da interface adesiva (Perdigão, Sezinando, & Monteiro, 2013).

O sucesso das técnicas restauradoras empregues atualmente são dependentes das propriedades dos sistemas adesivos utilizados. Apesar dos progressos significativos que se têm verificado nos últimos anos nesta área, a interface adesiva continua a ser a zona mais débil das restaurações. Quando esta é exposta à cavidade oral fica sujeita a inúmeros agentes destrutivos ocorrendo, frequentemente, descolorações, má adaptação marginal e consequente perda de retenção da restauração. Desta forma, a durabilidade e a estabilidade da adesão alcançada por alguns sistemas adesivos permanece, ainda, contestável (Breschi et al., 2008).

Hoje em dia, a utilização dos sistemas adesivos pode ser feita segundo duas estratégias diferentes: removendo ou mantendo a *smear layer*. A primeira denomina-se técnica *etch-and-rinse* e subdivide-se em três e dois passos e a segunda técnica *self-etch*, com dois ou um passo (Breschi et al., 2008).

A adesão à dentina é alcançada, essencialmente, através de um mecanismo de substituição do conteúdo mineral pelos monómeros de resina, o que resulta na formação de um bio compósito constituído por fibras de colagénio e resina polimerizada, capaz de formar uma ligação firme e permanente com o tecido remanescente (Carvalho et al., 2012)

Com esta revisão bibliográfica pretendo avaliar os efeitos do envelhecimento biológico na dentina e como estes podem alterar, ou não, as forças adesivas dos materiais dentários restauradores, comparativamente à dentina jovem.



## **II – Desenvolvimento**

### **1. Caracterização do paciente idoso**

O envelhecimento é um processo natural caracterizado por uma série de transformações fisiopatológicas com consequências na saúde oral e geral (Ribeiro et al., 2012). É frequentemente acompanhado por um declínio funcional dos sistemas do organismo, o que resulta na acumulação progressiva de danos nos tecidos. Por ser um fenómeno complexo e multifatorial, os mecanismos moleculares que estão envolvidos no início e progressão das doenças não estão claramente esclarecidos (Van der Putten, De Baat, De Visschere, & Schols, 2014).

O paciente idoso é descrito na literatura como um indivíduo com idade igual ou superior a 65 anos nos países desenvolvidos e igual ou superior a 60 anos nos países em desenvolvimento. No entanto, dada a diversidade de condições físicas, médicas e mentais inerentes a cada um, o critério cronológico já não é considerado o mais apropriado. Surgiu então, a classificação baseada na função psicossocial, que agrupa os sujeitos em um de cada três grupos: independente, debilitado ou funcionalmente dependente (Côrte-Real et al., 2011).

Existem, atualmente, diversas teorias desenvolvidas com o objetivo de explicar o processo de envelhecimento (Lipsky & King, 2015), classificadas em teorias biológicas e teorias sociais (Cannon, 2015).

As teorias biológicas, por sua vez, podem ser agrupadas em dois grupos: teorias genéticas ou programadas e teorias estocásticas. As primeiras baseiam-se na existência de relógios biológicos internos que programam a longevidade e controlam o crescimento, a maturidade, a senescência e a morte. Por outro lado, as teorias estocásticas relacionam-se com a acumulação de danos que surgem ao longo do envelhecimento (Lipsky & King, 2015; Teixeira & Guariento, 2010).

Apesar de permanecer incerto a extensão da contribuição dos fatores genéticos relativamente aos não genéticos no envelhecimento, não existem dúvidas de que os primeiros são importantes marcos da longevidade, contribuindo para este processo em 20-30%. Contudo, o controlo genético do envelhecimento é multifatorial, não existindo genes capazes de comandar este processo isoladamente (Lipsky & King, 2015).

A premissa das teorias estocásticas é a acumulação de alterações no organismo ao longo dos anos e a incapacidade do corpo reparar essas mesmas alterações provocando, eventualmente, uma modificação na capacidade funcional dos órgãos e sistemas. Esta teoria foi inicialmente proposta por Weisman com o nome de teoria do desgaste e compara o envelhecimento do organismo à utilização de uma máquina, que quanto mais se usa, mais depressa se gasta. Incluem-se nesta teoria as alterações características do envelhecimento da dentina, que irão ser descritas posteriormente (Lipsky & King, 2015).

Quanto às teorias sociais, podem ser classificadas em: teoria da atividade, teoria da continuidade e teoria da desinserção (Hasworth & Cannon, 2015).

A teoria da atividade defende que a satisfação vivida em idades avançadas depende da participação em atividades sociais. A teoria da desinserção é proposta como uma resposta à teoria da atividade, sugerindo que o desmembrar do indivíduo e da sociedade pode ser benéfico para ambos. Esta teoria já não é aceite pela maioria dos profissionais em geriatria pois não tem em conta as preferências do sujeito. A teoria da continuidade desafia ambas as teorias supracitadas argumentando que os indivíduos não alteram drasticamente as suas preferências comportamentais à medida que envelhecem, mas adotam, sim, novos comportamentos que dão continuidade à vida (Hasworth & Cannon, 2015).

Dada a complexidade do fenómeno do envelhecimento, nenhuma das teorias propostas é capaz de explicar totalmente os mecanismos envolvidos. Estas teorias fornecem, em conjunto, informações importantes para compreender o porquê e como os seres humanos envelhecem (Lipsky & King, 2015).

Têm sido descritos múltiplos parâmetros clínicos que visam caracterizar o paciente idoso, que na sua globalidade se designam como síndrome geriátrica, no qual se incluem a multimorbilidade, polimedicação, fragilidade, incapacidade e dependência (Van der Putten et al., 2014).

A multimorbilidade é definida como a presença de duas ou mais doenças crónicas de forma simultânea no mesmo indivíduo, estando associada a diversos fatores como idades avançadas, género feminino e baixos níveis socioeconómicos. De facto, de acordo com diversos estudos publicados, a prevalência da multimorbilidade nos pacientes idosos atinge percentagens consideráveis de 55 a 98% (Van der Putten et al., 2014).

Uma consequência importante e lógica desta condição é a necessidade de recorrer à administração de diversos fármacos. Cada um destes tem efeitos colaterais específicos que, por sua vez, serão tratados com medicamentos adicionais. Apesar de existir alguma controvérsia quanto à definição específica de polimedicação, este termo pode ser aplicado quando se verifica a utilização concomitante de 5 ou 6 fármacos no mesmo sujeito (Van der Putten et al., 2014).

Alguns autores sugerem que cerca de 68-95% dos indivíduos com mais de 65 anos são consumidores de medicamentos, o que resulta, inevitavelmente, numa maior interação medicamentosa e efeitos adversos. Diversos medicamentos são capazes de provocar xerostomia e hipossalivação, condições que têm um impacto importante na saúde oral (Kishore et al., 2013).

Estas alterações, que tanto podem ocorrer pelo tipo de medicação como pelo número de fármacos utilizado, podem interferir negativamente no diagnóstico das patologias orais ao interagir e alterar a apresentação dos sintomas das mesmas. Para contrariar esta situação, é de extrema importância o conhecimento dos profissionais de saúde das condições médicas e farmacoterapia aplicadas ao paciente geriátrico (Van der Putten et al., 2014).

A fragilidade descreve um estado de vulnerabilidade decorrente do declínio dos vários sistemas fisiológicos ao longo da vida do idoso. Para esta condição é mais importante o número de sistemas afetados do que o número de alterações num determinado sistema (Clegg, Young, Iliffe, Rikkert, & Rockwood, 2013).

Uma limitação da maioria das definições propostas para a fragilidade é o seu foco estar direcionado unicamente para alterações físicas, negligenciando os efeitos cognitivos e psicossociais. A partir daqui foi possível desenvolver pesquisas para se produzir a definição mais completa desde conceito – a fragilidade é um termo aplicado quando um indivíduo apresenta um enfraquecimento de um ou mais domínios da sua capacidade funcional (físico, fisiológico e social). Clinicamente, permite auxiliar no planeamento de intervenções e na previsão do risco de morbilidade, incapacidade e mortalidade de um paciente (Van der Putten et al., 2014).

A incapacidade, também característica do paciente idoso, é considerada como o resultado de danos no organismo que se desenvolvem com o passar dos anos, quer a nível físico,



cognitivo, mental, sensorial, emocional ou de desenvolvimento. Estas alterações vão ter, possivelmente, repercussões no nível de independência do idoso, com perda de autonomia e autoestima (Van der Putten et al., 2014).

Adicionalmente, ao longo da vida vão se verificando uma série de alterações que são consideradas fatores de risco para patologias da cavidade oral nos idosos: redução da taxa de secreção salivar, polimedicação, prevalência de doenças crónicas e alterações nutritivas (Van Der Putten, De Visschere, Van Der Maarel-Wierink, Vanobbergen, & Schols, 2013).

A saliva, produzida pelas glândulas salivares, assume um papel preponderante na homeostasia e limpeza da cavidade oral, na lubrificação, na formação do bolo alimentar, na mastigação, deglutição e na fala. Além disto, a capacidade tampão da saliva vai ser preponderante na proteção do dente contra cáries (Van der Putten et al., 2013).

Para garantir a manutenção da saúde oral e geral, a quantidade de saliva segregada deve ser adequada. Quando estes valores não são os corretos duas situações podem surgir: hipossalivação e xerostomia. A hipossalivação é a diminuição objetiva da quantidade de saliva. Esta condição pode causar desconforto, síndrome da boca ardente, lesões traumáticas, halitose, intolerância a alimentos ácidos e picantes, pouca retenção das próteses, alterações gustativas, distúrbios na mastigação, polidipsia, disfasia e disfonia. Pode contribuir ainda a colonização de microrganismos e, consequentemente, doença periodontal, cáries e candidíase. A xerostomia, por outro lado, é definida como a sensação subjetiva de boca seca (Van der Putten et al., 2013).

Apesar de ser ter verificado que, em indivíduos saudáveis, as alterações qualitativas e quantitativas da saliva decorrentes do avançar idade são ínfimas, a xerostomia tem uma prevalência crescente com o envelhecimento, atingindo cerca de 30% dos idosos (Côrte-Real et al., 2011).

Outros fatores mensuráveis para o desenvolvimento de patologias na cavidade oral são a prevalência de doenças crónicas (nomeadamente a diabetes melitos, doenças respiratórias crónicas, cardiovasculares e cancro), alterações nutritivas, tabaco, álcool e má higiene oral (Van der Putten et al., 2013).

Todas estas alterações sugerem a necessidade de se investir na progressão de técnicas e metodologias de atendimento apropriadas e também uma utilização mais frequente dos

serviços e equipamentos de saúde por parte das populações idosas (Brunetti-Montenegro & Marchini, 2013).

Existem uma série de fatores que se devem atender ao delinear um plano de tratamento em idosos, tais como a vontade do indivíduo, quer para resolver o seu problema – estético ou funcional – quer para o suportar economicamente; a aptidão para se deslocar independentemente às consultas ou se, por outro lado necessita de um acompanhante; a complexidade do caso, intimamente relacionado com problemas como a anestesia, cicatrização e implicações sanguíneas e todos os fatores indetetáveis e imprevisíveis que se vão evidenciando ao longo de todos os procedimentos (Brunetti-Montenegro & Marchini, 2013).

Assim, e em concordância com a OMS (2006) é de extrema importância que os profissionais tentem, objetivamente, fornecer um melhor cuidado e serviços aos indivíduos de idades mais avançadas (Brunetti-Montenegro & Marchini, 2013).

## **2. Caracterização da dentina**

Para uma boa prática clínica é fundamental o conhecimento da anatomia e biologia do dente, que é constituído por esmalte, dentina, polpa e cimento e suportado por osso e gengiva (Hilton, Ferracane, & Broome, 2013).

A transição entre o esmalte e a dentina designa-se por junção amelodentinária (JAD). Esta tem uma largura aproximada de 2 a 15  $\mu\text{m}$  – variável consoante a localização dentro do próprio dente – e deve ter a resistência necessária para suportar as forças oclusais sem fraturar (Hilton et al., 2013).

O esmalte tem um conteúdo, maioritariamente mineral, composto por hidroxiapatite – fosfato de cálcio cristalino. Como quase não contém água, é considerado o tecido mais duro do corpo humano, protegendo a dentina dos efeitos externos (Chun et al., 2014). Por outro lado, por ser um tecido frágil não consegue suportar as forças da mastigação sem fraturar – é necessário o apoio de um tecido mais elástico, a dentina. Esta elasticidade dá alguma flexibilidade ao dente e previne a fratura, sendo muito importante para o desempenho das atividades funcionais (Nanci, 2013).

A dentina é um tecido branco-amarelado, avascular e mineralizado, que delimita a câmara pulpar. O componente mineral é, à semelhança do esmalte, a apatite e o componente orgânico é o colagénio (Nanci, 2013). No dente é recoberta pelo esmalte na coroa e pelo cimento na raiz (Berkovitz, Holland, & Moxham, 2009; Fejerskov & Kidd, 2005; Hilton et al., 2013). Uma propriedade essencial inerente a este tecido é a permeabilidade, devido à presença dos túbulos dentinários que atravessam toda a sua espessura e contêm, no seu interior, os prolongamentos das células que formam e, posteriormente, mantêm este tecido. Estas células designam-se odontoblastos ou células da polpa e a sua existência tornam a dentina um tecido muito diferente do esmalte. Dispõem-se numa camada única ao redor da câmara pulpar (Nanci, 2013) e são responsáveis pela secreção da matriz orgânica de dentina e por regular a mineralização (Hilton et al., 2013).

Outras características importantes são a sensibilidade e a capacidade de reparação, através da formação pelos odontoblastos de mais dentina, quando assim for necessário (Nanci, 2013), o que faz com que se verifiquem variações na sua espessura ao longo da vida (Berkovitz et al., 2009).

A dentina confere, ainda, proteção aos tecidos orgânicos da polpa, absorvendo e distribuindo as forças funcionais (Li et al., 2015).

### **2.1.Composição**

A dentina é o tecido que compreende a maior parte do dente, quer em peso quer em volume e caracteriza-se por ser constituída por uma estrutura hierárquica complexa composta por matéria orgânica e inorgânica (Ryou, Romberg, Pashley, Tay, & Arola, 2015).

Considerando o peso como medida, a dentina de dentes humanos é constituída, aproximadamente, por 70% de matéria inorgânica, 18% de matéria orgânica e 12% de água – valores que podem variar de acordo com a localização e a condição do substrato. Por outro lado, quando se consideram volumes, a matéria orgânica e a água ocupam a maior parte do tecido (Carvalho et al., 2012).

Relativamente à matéria inorgânica, à semelhança do esmalte, é composta por hidroxiapatite. No entanto, os cristais apresentam dimensões mais reduzidas. Estes apresentam uma forma hexagonal ou em forma de lâminas com secções transversais de 3 a 30 nm e 50 nm de comprimento (Fejerskov & Kidd, 2005). Quanto à espessura, os cristais de apatite variam desde 3,5 nm próximo da JAD para 2 nm próximo da polpa. Embora se verifique uma orientação aleatória na maioria destes finos cristais, observa-se um aumento significativo do alinhamento paralelo em áreas onde sejam esperadas tensões elevadas, como é o caso das cúspides (Hilton et al., 2013).

Pelo contrário, a matéria orgânica tem uma composição mais próxima do osso (Berkovitz et al., 2009). É constituída por aquele que é considerado o suporte principal da dentina – o colagénio, representado por uma tripla hélice com três cadeias de polipeptídeos entrelaçadas com cerca de 300 nm de comprimento e 1,5 nm de diâmetro (Fejerskov & Kidd, 2005). Este corresponde a 90% da matriz orgânica e é maioritariamente constituído por colagénio do tipo I, com pequenas quantidades de colagénio tipo III e V (Berkovitz et al., 2009; Nanci, 2013).

O colagénio permite manter a integridade dos cristais de hidroxiapatite. Além destes, outros componentes estão presentes, como as fosfoproteínas, fosfolípidos e proteoglicanos (Fejerskov & Kidd, 2005). Estas ocupam o espaço entre as fibras de colagénio e acumulam-se ao longo da periferia dos túbulos dentinários (Nanci, 2013).

Todos estes elementos desempenham um papel essencial na nucleação e na regulação da formação mineral no decorrer da dentinogénese e, também, nos processos de desmineralização e remineralização (Fejerskov & Kidd, 2005).

## **2.2. Microestrutura**

Os túbulos dentinários, os componentes fundamentais da microestrutura da dentina, são responsáveis por alojar os processos odontoblásticos (Montoya et al., 2015), essenciais para a sua formação (Berkovitz et al., 2009).

Representam cerca de 10% do volume total de dentina e atravessam a espessura total de 3,0 a 3,5 mm deste tecido desde a polpa para a JAD (Hilton et al., 2013) e a sua configuração indica o percurso dos odontoblastos durante o processo de dentinogénese. Os túbulos seguem um caminho em forma de S desde a superfície externa da dentina à superfície mais interna, sendo que esta é menos pronunciada nos bordos incisais e nas cúspides, nas quais os túbulos se dispõem de forma paralela (Nanci, 2013).

Os túbulos dentinários têm uma forma cilíndrica e o seu número e diâmetro varia consoante a profundidade, isto é, a percentagem de área e diâmetro destes túbulos varia desde 22% e 2,5  $\mu\text{m}$  próximo da polpa para 1% a 0,8  $\mu\text{m}$  junto à JAD (Li et al., 2015). Uma diminuição significativa de densidade dos túbulos também se verifica na dentina radicular, comparativamente à dentina cervical (Nanci, 2013).

Estimativas relativas ao número dos túbulos podem variar de acordo com a idade, o tipo de dente e a espessura da dentina. Contudo, aproximadamente estes variam de 20 000  $\text{mm}^2$  para a dentina externa a 50 000  $\text{mm}^2$  para a dentina interna (Berkovitz et al., 2009).

A dentina peritubular rodeia o lúmen de cada túbulo e contém uma quantidade elevada de cristais de apatite e uma pequena proporção de proteínas orgânicas, sendo muito mineralizada (Montoya et al., 2015). Este tipo de dentina também é conhecido, embora menos frequentemente, por dentina intratubular e a sua formação conduz, gradualmente, à obliteração dos túbulos (Berkovitz et al., 2009). Entre os túbulos localiza-se a dentina intertubular, que representa o produto de formação primária dos odontoblastos e consiste numa rede de fibras de colagénio tipo I com 50 a 200 nm de diâmetro, reforçadas por apatite (Nanci, 2013).

A dentina intertubular forma, então, a maior parte da estrutura da dentina. Embora esta permaneça dimensionalmente estável, a dentina peritubular hipermineralizada aumenta progressivamente de largura. Todas estas proporções variam consoante a profundidade, a idade e o trauma (Hilton et al., 2013).

### **2.3. Propriedades mecânicas**

Para entender como se distribuem e absorvem as forças originadas durante a mastigação é importante conhecer as propriedades mecânicas da dentina. Isto permite, também, prever as alterações que possam advir de procedimentos restauradores, idade e patologias (Fuentes, 2004; Li et al., 2015).

As propriedades mecânicas variam consoante a região da dentina – superficial e profunda, coronal e radicular – e, também, de acordo com a orientação e distribuição dos túbulos (Carvalho et al., 2012).

#### **2.3.1. Resistência**

A resistência da dentina é um fator importante para compreender as falhas de adesão a este substrato (Fuentes, 2004).

Diversos estudos foram desenvolvidos para se estabelecer valores para resistência da dentina às forças tensionais: Bowen e Rodriguez em 1962 definiram que esta seria de 52 MPa; para Lehman, em 1967 o valor ronda os 37 MPa; Smith e Cooper em 1971 publicaram valores de 39 MPa junto à câmara pulpar e 131 MPa na JAD; Watanabe et al. em 1996 determinaram que a resistência da dentina seria de  $78 \pm 13$  MPa e  $91,8 \pm 12,7$  MPa dependendo da localização e da orientação dos túbulos (Fuentes, 2004).

A resistência da dentina dependente da orientação tubular é maior quando a carga se aplica perpendicularmente ao eixo longitudinal dos túbulos. A explicação para isto é desconhecida mas, provavelmente, estará relacionada com a estrutura da dentina e com a distribuição das forças (Fuentes, 2004).

Adicionalmente, a dentina interna demonstra ter menos resistência à deformação e menos resistência à tração quando comparada com a dentina externa, sendo que estas mudanças graduais do exterior para o interior estão de acordo com a função da dentina (Li et al., 2015).

### 2.3.2. Dureza

A dureza pode definir-se como a resistência de um material à deformação permanente (Fuentes, 2004; Toparli & Koksai, 2005). Esta propriedade mede-se através das técnicas de nano indentação de Knoop e Vickers, rápidas de realizar e não destrutivas (Fuentes, 2004). Além disto, podem também ser utilizadas para medir as propriedades elásticas (Zheng, Nakajima, Higashi, Foxton, & Tagami, 2005).

A nano indentação é uma técnica que se tem tornado comum para a determinação local das propriedades mecânicas de tecidos duros. Contudo, esta apenas examina uma fina camada superficial e as propriedades mecânicas obtidas consideram-se representativas de todo o tecido (Toparli & Koksai, 2005).

Meredith et al. consideraram que a escala de Knoop é o método mais utilizado para medir a dureza. Nesta a dentina apresenta valores entre 52 e 64 kg/mm<sup>2</sup> (Chuenarrom, Benjakul, & Daosodsai, 2009).

A dureza da dentina e a densidade tubular têm uma relação inversa (Tjäderhane, Carrilho, Breschi, Tay, & Pashley, 2012) e, por esta razão, estes valores tendem a ser mais baixos perto da polpa (Zheng et al., 2005).

### 2.3.3. Elasticidade

O módulo de elasticidade ou módulo de Young pode definir-se como o quociente entre a tensão aplicada a um material e a deformação elástica produzida (Fuentes, 2004). Funciona como um indicador da quantidade de deformação que pode ocorrer nos tecidos quando uma força é aplicada (Zheng et al., 2005).

Como já foi referido, a microestrutura da dentina mostra que a densidade dos túbulos e, conseqüentemente, a dentina peritubular, aumentam com a proximidade da polpa. Pelo contrário, o da dentina intertubular diminui. Estas características determinam as variações espaciais das propriedades mecânicas (Li et al., 2015).

Assim, o módulo de Young da dentina interna é significativamente mais baixo relativamente ao da dentina externa. Adicionalmente, segundo Kinney et al., tanto o módulo de Young como a dureza da dentina intertubular diminuem desde a JAD para a polpa. Pelo contrário, na dentina peritubular estes valores são mais elevados e não dependentes da localização (Li et al., 2015).

A dentina mineralizada é relativamente rígida (10-20 GPa). A elasticidade própria da dentina tem grande importância funcional já que permite compensar a rigidez do esmalte, ao amortecer os impactos mastigatórios (Fuentes, 2004).

Após o ataque ácido, a matriz húmida da dentina desmineralizada torna-se mais elástica (5 MPa). Assim, a rede de colagénio pode colapsar e interferir com a infiltração dos monómeros. Os solventes orgânicos que compõem os adesivos têm a função de substituir o conteúdo de água das fibras de colagénio para facilitar a infiltração da resina. Simultaneamente podem desidratar o colagénio, aumentando o módulo de elasticidade da dentina exposta e alterando a sua permeabilidade (Fuentes, 2004).

Depois de infiltrar a dentina desmineralizada com resina, o módulo deste novo composto supera a da resina, embora ainda seja muito inferior ao da dentina intacta (Fuentes, 2004).

Por outro lado, o baixo módulo de elasticidade da camada híbrida confere à dentina uma capacidade de deformação suficiente para se libertar da tensão da contração de polimerização da resina composta. Isto melhora a adesão à dentina e, consequentemente, a integridade marginal e a retenção da restauração (Fuentes, 2004).

## **2.4. Tipos de dentina**

Considerando o tempo de desenvolvimento e as características histológicas do tecido, a dentina pode ser classificada em dentina primária, secundária e terciária (Avery & Chiego, 2006).

### **2.4.1. Dentina primária**

A dentina primária é o componente maioritário da coroa e da raiz e distingue-se, estruturalmente, em dentina do manto e dentina circumpulpar. A dentina do manto é a primeira a ser formada, ao longo da JAD com uma largura aproximada de 150 µm. Tem esta designação porque serve como uma cobertura da restante dentina. A dentina circumpulpar encontra-se por baixo da dentina do manto, no contorno da câmara pulpar e corresponde à maior parte da dentina primária (Avery & Chiego, 2006).

A dentina do manto é constituída por fibras de colagénio mais largas (Avery & Chiego, 2006), é ligeiramente menos mineralizada e contém menos defeitos relativamente à circumpulpar (Avery & Chiego, 2006; Nanci, 2013).



#### 2.4.2. Dentina secundária

A dentina secundária forma-se internamente à dentina primária, na coroa e na raiz (Avery & Chiego, 2006). O seu desenvolvimento dá-se depois da formação da raiz estar completa e deve-se à deposição contínua e lenta de dentina pelos odontoblastos. Caracteriza-se por uma estrutura tubular que, embora de uma forma menos regular, é contínua com a da dentina primária (Nanci, 2013), a não ser que a deposição de dentina secundária seja desigual (Avery & Chiego, 2006). Além disto, também o rácio do conteúdo mineral e orgânico é idêntico nestes dois tipos de dentina (Nanci, 2013). Por terem uma estrutura tão semelhante tornam-se difíceis de diferenciar (Berkovitz et al., 2009).

Existem ainda evidências que sugerem que os túbulos de dentina secundária podem sofrer esclerose e ficar preenchidos por minerais calcificados mais facilmente do que os de dentina primária. Este processo confere à dentina secundária a capacidade de reduzir a permeabilidade geral de dentina e, conseqüentemente, proteger a polpa (Nanci, 2013).

#### 2.4.3. Dentina terciária

A dentina terciária produz-se em resposta a estímulos, como a atrição, cáries ou procedimentos restauradores (Nanci, 2013; Tjäderhane et al., 2012) no sentido de aumentar a espessura de tecido mineralizado, que funciona como uma barreira entre a cavidade oral e os agentes microbianos (Tjäderhane et al., 2012).

Estes estímulos produzem uma resposta pulpar que, por sua vez, potencia a ativação dos odontoblastos, o que resulta na formação de dentina apenas nos locais alterados com o objetivo de conferir proteção à polpa (Avery & Chiego, 2006).

Estímulos de diferentes tipos e intensidades podem ser aplicados aos dentes, em diferentes estágios do desenvolvimento ou envelhecimento, resultando numa resposta tecidual que pode variar consideravelmente em aparência ou composição (Berkovitz et al., 2009), ou seja, a dentina terciária pode adquirir uma estrutura semelhante à dentina secundária, com túbulos em continuidade com os desta e com uma disposição regular, pode ter túbulos em quantidades reduzidas e/ou com organizações irregulares ou pode ter uma estrutura relativamente atubular (Berkovitz et al., 2009; Nanci, 2013).

A dentina terciária é subclassificada em dentina reacional ou reparadora. A primeira é formada por odontoblastos pré-existentes e a segunda por novos odontoblastos diferenciados (Nanci, 2013).

A dentina reacional refere-se à dentina que se forma em resposta aos estímulos, nos quais os odontoblastos existentes são capazes de recuperar e continuar a formar dentina. Apesar desta capacidade de reparação, podem existir irregularidades na estrutura da dentina e no número de túbulos, dependendo da intensidade do estímulo. Por outro lado, a dentina reparadora relaciona-se com a dentina formada depois da ação dos estímulos. Os odontoblastos originais associados à região são destruídos e forma-se novo tecido mineralizado através de células recentemente diferenciadas (Berkovitz et al., 2009)

De um modo geral, a dentina reacional tem uma estrutura mais ou menos tubular em continuidade com a dentina secundária; por sua vez a estrutura, organização e mineralização da dentina reparadora variam significativamente. Como esta é relativamente atubular, pode formar uma barreira relativamente impermeável entre os túbulos dentinários e a polpa. A uniformidade da dentina reparadora é inversa ao grau de irritação (Tjäderhane et al., 2012).

## **2.5. Considerações clínicas**

### **2.5.1. Permeabilidade**

A estrutura tubular da dentina possibilita que substâncias aplicadas à superfície externa sejam capazes de atingir e lesar a polpa (Berkovitz et al., 2009). Os canais tubulares abertos, embora funcionais na formação e manutenção de dentina, comprometem a função de barreira de proteção. Quando o revestimento externo do esmalte ou do cimento é removido e há exposição da dentina através da preparação cavitária, alisamento radicular, cáries, trauma, abrasão ou erosão, os túbulos ficam expostos e tornam-se acessíveis, formando-se um canal entre a polpa e o ambiente externo (Hilton et al., 2013).

Relativamente à exposição dos túbulos com a preparação cavitária, pode ser compensada por uma camada de detritos, designada *smear layer*, que adere à superfície e conecta parcialmente os orifícios tubulares. Para uma boa adesão, os sistemas adesivos devem ser capazes de remover, modificar ou incorporar essa camada para facilitar a difusão da resina. Contudo, a remoção da *smear layer* com o condicionamento ácido pode aumentar a permeabilidade da dentina local, provocando, igualmente, um movimento do fluido

dentinário para fora dos túbulos, criando condições adversas à adesão (Hilton et al., 2013).

Tanto as bactérias e as suas toxinas como os componentes dos materiais restauradores podem viajar através dos túbulos, produzindo alterações nos tecidos dentários. No entanto, nestes últimos é mais provável que a causa associada seja a má vedação marginal, que cria microinfiltrações, do que as características do próprio material (Berkovitz et al., 2009).

Os túbulos obstruídos fornecem uma maior proteção contra a penetração de substâncias nocivas para a polpa. Além disto, o gradiente de difusão pode ser reduzido com diâmetros tubulares menores e maiores comprimentos tubulares, ou seja, uma maior espessura da dentina. De facto, o diâmetro do túbulo funcional é apenas uma fração do lúmen anatómico porque o colagénio e as inclusões minerais podem restringir o fluxo através dos canais. Não obstante, o comprimento dos túbulos e a capacidade tampão inerente cria um bio filtro eficaz contra a difusão (Hilton et al., 2013).

#### 2.5.2. Sensibilidade

A dentina é um tecido que não é vascularizado nem enervado, à exceção de 20% dos túbulos que têm fibras nervosas. Contudo, é sensível a agentes térmicos, tácteis, químicos e osmóticos, sendo que essa sensibilidade não pode ser explicada por características anatómicas (Hilton et al., 2013).

Para haver sensibilidade dentinária e dor, dois critérios devem estar presentes: a dentina tem que estar exposta e os túbulos devem estar permeáveis desde a polpa para a superfície. A exposição dentinária pode resultar da perda dos tecidos duros, como o esmalte, por atrição, abrasão e erosão, ou dos tecidos moles por recessão gengival (Mantzourani & Sharma, 2013).

Três mecanismos foram, então, desenvolvidos para explicar a sensibilidade dentinária: (Nanci, 2013)

- A dentina contém terminações nervosas que respondem a estímulos;
- Os odontoblastos funcionam como recetores e estão ligados aos nervos da polpa;

- A natureza tubular da dentina permite o movimento do fluido dentinário dentro dos túbulos depois da aplicação de um estímulo. Este movimento é registado pelas terminações pulpares da polpa próximas dos odontoblastos.

A terceira teoria, considerada a mais aceite, denomina-se teoria hidrodinâmica. Esta foi proposta por Gysi em 1900 e sustentada, posteriormente, por evidências obtidas por Brannstrom et al. (Silva & Ginjeira, 2011) e explicou que a sensibilidade resulta da aplicação de um estímulo – essencialmente resultante de procedimentos clínicos como a preparação cavitária, ar, água fria e sondagem - sobre a dentina que expande ou contrai o volume do fluido dentinário no interior dos túbulos e/ou cria rápidas variações na sua taxa e/ou na sua direção (Hilton et al., 2013). Estas alterações vão, consequentemente, ativar fibras nervosas A-δ localizadas nos processos odontoblásticos ou na transição pulpo-dentinária (Silva & Ginjeira, 2011), responsáveis pela produção de dor (Mantzourani & Sharma, 2013).

Estudos *in vivo* revelaram que a resposta dos nervos pulpares é proporcional à taxa de fluxo do fluido dentinário. Além disto, demonstrou-se que os estímulos frios causam a movimentação do fluido para fora, produzindo uma maior e mais rápida resposta pulpar, comparativamente ao calor que causa um movimento para dentro (Mantzourani & Sharma, 2013). Isto significa que, quando o movimento do fluido se dirige para fora a sensibilidade registada é maior, quando comparado àquele que se direciona para a polpa (Hilton et al., 2013).

Em termos estruturais, a dentina sensível aparenta ter mais túbulos dentinários por unidade de área e túbulos com maior diâmetro comparativamente à não sensível. Isto resulta num aumento da permeabilidade, maior transmissão de estímulos e, eventualmente, maior resposta à dor (Mantzourani & Sharma, 2013).

### 2.5.3. Resposta a estímulos

A resposta a estímulos externos é proveniente da polpa mas manifesta-se na estrutura da dentina que produz. A deposição de dentina terciária constitui uma barreira para a progressão de cáries e toxinas e, da mesma forma, a dentina secundária – que se deposita continuamente ao longo da vida –, embora não seja uma resposta a estímulos externos, contribui para a função de barreira da dentina (Berkovitz et al., 2009).

### **3. Alterações da dentina com o envelhecimento**

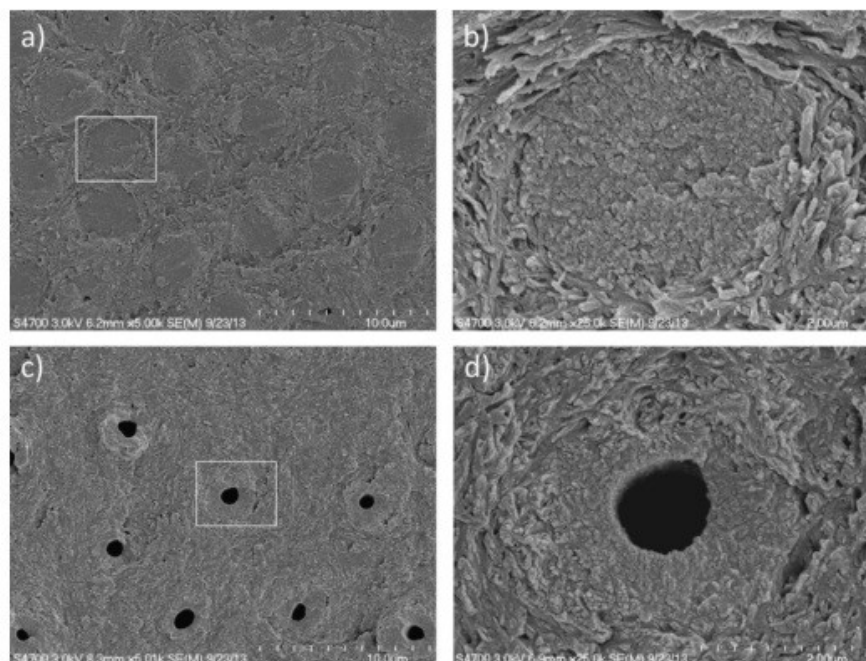
Os tecidos que constituem o dente, à semelhança do que acontece com outros do organismo, sofrem desgastes fisiológicos ao longo do tempo. Contudo, com os desenvolvimentos recentes na área da Dentisteria, este processo pode ser prevenido sem que ocorram condições patológicas (Cavacas, 2014).

No esmalte surgem alterações resultantes da acumulação de agentes agressores que se manifestam na forma de desgaste dentário. Assim, o esmalte deixa transparecer mais a cor da dentina e o dente vai-se tornando escurecido (Cavacas, 2014)

No que diz respeito à dentina, a partir do momento em que o dente está completamente formado e em oclusão, esta passa por inúmeras alterações que tanto podem ser resultantes de consequências do próprio envelhecimento como resultantes do acumular de respostas a estímulos aplicados ao dente, como a atrição e as cáries (Berkovitz et al., 2009). Estas tendem a persistir enquanto o dente mantém a sua vitalidade e estão associadas à produção lenta de matriz de dentina extracelular e armazenamento de minerais por parte dos odontoblastos, para a formação de dentina secundária fisiológica (Hilton et al., 2013).

Desta forma, a espessura da dentina tem tendência a aumentar com o avançar da idade (Montoya et al., 2015). De facto, esta aumenta cerca de 6,5  $\mu\text{m}$  por ano e é acompanhada por uma diminuição da densidade dos odontoblastos (Perdigão, 2010). Esta redução das células da polpa inicia-se por volta dos 20 anos, com um decrescimento gradual até aos 70 anos, idade em que a densidade pulpar já é metade do valor inicial (Nanci, 2013). Isto resulta numa possível limitação da capacidade reparadora deste tecido após tratamentos restauradores. Por outro lado, o aumento da espessura funciona como um mecanismo compensatório, constituindo uma barreira que confere proteção à polpa (Perdigão, 2010).

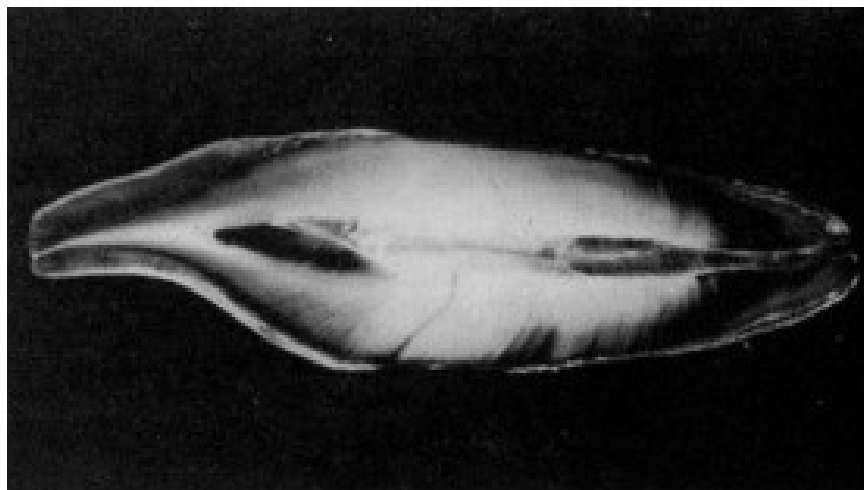
Como foi mencionado anteriormente, a microestrutura da dentina é marcada pela presença dos túbulos dentinários e, logicamente, são estes que têm recebido o foco em estudos comparativos



*Figura 1 - Imagens obtidas por MEV de dentina jovem e envelhecida; a) dentina envelhecida ampliada 5000x; b) túbulo dentinário de dentina envelhecida ampliada 25000x; c) dentina jovem ampliada 5000x; d) túbulo dentinário de dentina jovem ampliada 25000x (Ryou et al., 2015).*

A partir da trigésima década de vida os túbulos tornam-se gradualmente preenchidos com material inorgânico (Montoya et al., 2015; Ryou et al., 2015) e a dentina peritubular aumenta de espessura (Figura 1) (Ryou et al., 2015). Após alguns túbulos estarem obstruídos, o tecido torna-se transparente, designando-se esclerótico. Este processo resulta num aumento do conteúdo mineral de dentina, contrariamente ao que ocorre no osso, no qual há uma diminuição significativa com o envelhecimento (Montoya et al., 2015; Ryou et al., 2015).

O processo de formação da dentina esclerótica pode ou não ser fisiológico. A dentina esclerótica fisiológica inicia-se na raiz, aumenta de forma linear em direção à coroa com a idade e o padrão de distribuição é semelhante em todo o dente (Figura 2). Esta é decorrente do processo natural do envelhecimento e do preenchimento dos túbulos por conteúdo mineral, o que diminui a quantidade de dispersão da luz e torna o tecido transparente. Por outro lado, a dentina esclerótica patológica está associada a traumas e lesões de cárie (Cavacas, 2014; Perdigão, 2010), nos quais se distingue uma zona por baixo das lesões onde os cristais de minerais preenchem os túbulos (Zheng et al., 2005).



*Figura 2 - Esclerose fisiológica a iniciar-se na porção apical da raiz (zona escurecida) (Tjäderhane et al., 2012).*

O aumento da obstrução tubular por material inorgânico é acompanhado, inevitavelmente, com uma redução do número de túbulos abertos, com implicações diretas na permeabilidade dentinária (Cavacas, 2014; Montoya et al., 2015), que diminui consideravelmente. Efetivamente, os dentes dos indivíduos com mais de 50 anos contêm menos água do que aqueles com 10-20 anos, o que torna a dentina um tecido mais frágil (Perdigão, 2010).

O rácio de obstrução foi desenvolvido para relacionar o número de túbulos dentinários ocluídos e o número total de túbulos abertos para cada região da dentina. A sua aplicação permitiu concluir que os valores são maiores para a dentina externa, comparativamente à dentina interna, o que representa valores de obstrução mais elevados para a primeira (Montoya et al., 2015).

Além disto, com a idade verifica-se um desgaste do esmalte com consequente aumento de produção de dentina reacional (Montoya et al., 2015). A distribuição do colagénio também pode surgir alterada, com uma aparência de feixes fibrosos (Nanci, 2013).

Relativamente às alterações das propriedades mecânicas da dentina com a idade, estas têm sido atribuídas ao aumento da mineralização e obstrução tubular. Contudo, permanece pouco claro se estas mudanças serão atribuídas ao preenchimento dos túbulos por matéria mineral, às alterações da mineralização da dentina intertubular ou à reticulação do colagénio por processos não enzimáticos (Montoya et al., 2015).

O envelhecimento implica uma diminuição da força da dentina sendo que este processo se inicia por volta da terceira década de vida – o que coincide com o início da deposição de conteúdo mineral no lúmen dos túbulos - e evolui, aproximadamente 20 MPa por década. Ocorre também uma redução substancial da resistência à fadiga e à fratura (Ryou et al., 2015).

Quanto à dureza e elasticidade, vários estudos foram desenvolvidos no sentido de investigar possíveis alterações. Com efeito Balooch et al., avaliaram estes parâmetros para a dentina intertubular e peritubular de um tecido normal e de um tecido esclerótico utilizando microscopia de força atômica e concluíram que não existiam alterações significativas comparando os dois grupos. Pelo contrário, um estudo realizado por Zheng et al., referiu que a dureza da dentina esclerótica nos dentes envelhecidos por baixo das cúspides é significativamente maior do que a dos dentes jovens. Da mesma forma, Senawongse et al., descobriram que a dentina de indivíduos idosos exibem valores mais elevados de dureza e módulo de elasticidade do que a dentina de sujeitos jovens, embora apenas na região da dentina do manto (Ryou et al., 2015), o que pode ser explicado pelo processo de mineralização. Neste estudo, na escala de Knoop registaram-se valores de 80 kg/mm<sup>2</sup> para a dentina transparente envelhecida, contrastando com valores médios de 60 kg/mm<sup>2</sup> para a dentina jovem (Senawongse, Otsuki, Tagami, & Mjör, 2006).



## **4. Princípios de adesão à dentina**

### **4.1. Conceitos básicos de adesão**

O processo de adesão pode ser definido simplesmente pela união de duas superfícies ou materiais independentes que ficam em contacto, sem ação de forças externas. Num sentido estrito, a adesão é uma medida da força de atração entre dois materiais diferentes. Diferencia-se da coesão na medida em que esta diz respeito às forças de atração dentro de um único material (Hilton et al., 2013).

Um adesivo é um material, frequentemente viscoso, que une dois substratos através da sua solidificação e transferência de cargas de uma superfície para a outra. A força de adesão é uma medida da capacidade de suporte de cargas da interface adesiva (Heymann, Swift, & Ritter, 2013).

O objetivo primordial da adesão é, então, conseguir um íntimo contacto entre os materiais restauradores e os tecidos dentários (Heymann et al., 2013; Perdigão, Reis, & Loguercio, 2013; Sezinando, 2014). Para uma restauração ter durabilidade em função, é necessário o cumprimento de três requisitos: o adesivo deve ser capaz de embeber a superfície dentária sólida para permitir interações estruturais entre ambos, a concentração de tensões na interface adesiva deve ser reduzida e esta deve ser protegida da possível degradação pelas condições do meio oral (Sezinando, 2014).

### **4.2. Particularidades de adesão à dentina**

A adesão ao esmalte é um processo relativamente simples, sem grandes exigências técnicas ou dificuldades, contrariamente à dentina que representa um desafio significativamente maior. Os fatores que contribuem para esta distinção estão inteiramente relacionados com as diferenças na estrutura e composição destes dois tecidos (Heymann et al., 2013; Martins et al., 2008). De facto, a dentina, dada a sua natureza húmida e orgânica é considerada um substrato ao qual é extremamente difícil aderir (Perdigão et al., 2013).

É de considerar que, o número, diâmetro e área dos túbulos aumentam consideravelmente junto à polpa, comparativamente à JAD, aumentando consequentemente, a quantidade de

tecido mineralizado e, por este motivo, as forças de adesão são geralmente menores na dentina profunda comparativamente com a dentina superficial (Heymann et al., 2013).

A adesão da resina à dentina envolve uma série de passos clínicos que alteram completamente as suas propriedades físicas e químicas, passando de um substrato hidrofílico, cristalino e relativamente impermeável para um mais hidrofóbico, orgânico, altamente permeável e ácido resistente (Frassetto et al., 2015). Este processo compreende um mecanismo de substituição do material mineral por monómeros de resina para formar um bio compósito constituído por fibras de colagénio e resina polimerizada (Carvalho et al., 2012; Tjäderhane, 2015).

### **4.3. *Smear layer*, camada híbrida e *tags* de resina**

#### **4.3.1. *Smear layer***

A *smear layer* é uma camada de detritos com 1-5 µm de espessura constituída por resíduos orgânicos e inorgânicos resultantes da instrumentação mecânica da superfície do esmalte ou da dentina (Hilton et al., 2013). Efetivamente, esta camada é maioritariamente formada por hidroxiapatite e colagénio desnaturado (Sezinando, 2014) e tende a obstruir a entrada dos túbulos dentinários na forma de *smear plugs*, diminuindo a permeabilidade da dentina em cerca de 86% (Hilton et al., 2013; Sezinando, 2014). Isto tanto pode ser visto como um benefício, no sentido em que esta diminuição drástica da permeabilidade constitui uma proteção biológica para a polpa, como um obstáculo, pois afeta diretamente a interação dos adesivos com a dentina (Carvalho et al., 2012).

Sendo assim, a *smear layer* é vista como um fator muito influente nos procedimentos adesivos (Vaidyanathan & Vaidyanathan, 2009). A abordagem clínica desta camada tem sido alvo de controvérsia na literatura com autores, por um lado, a defenderem a sua necessária remoção para facilitar a infiltração do adesivo nos túbulos e no colagénio desmineralizado e, por outro lado, autores que promovem a sua conservação para reduzir o número de passos clínicos e a incidência de sensibilidade pós-operatória (Ramos Sánchez, Calvo Ramírez, & Fierro Medina, 2015).

Existem vantagens e desvantagens em manter ou remover a *smear layer*. A maior desvantagem de a manter está relacionada com a sua fraca ligação (cerca de 5 MPa) à dentina subjacente (Marshall, Marshall, Kinney, & Balooch, 1997).

#### 4.3.2. Camada híbrida e tags de resina

Atualmente, a abordagem que confere maiores forças de adesão à dentina é a formação da camada híbrida pela infiltração dos monómeros do adesivo na dentina parcialmente desmineralizada pelo ácido, e a sua subsequente polimerização (Marshall et al., 1997; Tjäderhane, 2015).

A camada híbrida, com uma espessura de cerca de 3-6 µm caracteriza-se por ser uma zona interposta entre a dentina e a restauração (Ramos Sánchez et al., 2015). É constituída por uma mistura de matriz orgânica de dentina, cristais de hidroxiapatite residuais, monómeros de resina e solventes (Breschi et al., 2008) e é relativamente hidrofóbica e resistente (Tjäderhane, 2015). Deve ser coesa e homogênea e vai condicionar a estabilidade da interface adesiva (Breschi et al., 2008), ao providenciar retenção mecânica para os materiais restauradores (Sezinando, 2014).

A camada híbrida permite recuperar grande parte da resistência e da rigidez da dentina mineralizada original e a sua formação é considerada a ferramenta principal para a adesão a este substrato (Pereira, Paulillo, De Goes, & Dias, 2001).

As forças de adesão resultantes da utilização dos adesivos de dentina dependem da sua capacidade de substituírem completamente a hidroxiapatite dissolvida pelo ácido pela resina polimerizada. Se isto não acontecer, forma-se uma camada de fibras de colagénio não impregnadas pela resina e camadas híbridas com nano-porosidades, o que pode promover a propagação de fraturas e diminuir a resistência e a durabilidade da interface dentina-resina (Pereira et al., 2001).

A manutenção de uma superfície dentinária húmida após o ataque ácido é de crucial importância para o desenvolvimento de uma camada híbrida uniforme (Pereira et al., 2001). Contudo, independentemente do sistema ou do material utilizado, a criação da camada híbrida nunca é perfeita. A heterogeneidade morfológica, fisiológica e patológica; o tempo, geralmente limitado, disponível para realizar o procedimento; a quantidade de água necessária para manter a rede de fibras de colagénio expostas e a limitada taxa de polimerização são os maiores obstáculos que, repetidamente, condicionam as forças de adesão à dentina (Tjäderhane, 2015). Portanto, a camada híbrida pode-se deteriorar ao longo do tempo, resultando em falhas na interface adesiva com a

formação de pequenas lacunas rapidamente infiltradas por agentes patogénicos (Frassetto et al., 2015).

Quando o adesivo é aplicado à dentina acondicionada pelo ácido este, além de se introduzir neste substrato desmineralizado, infiltra-se, igualmente, nos túbulos dentinários abertos produzindo, após a polimerização, *tags* de resina (Heymann et al., 2013).

O papel dos *tags* de resina na adesão é discutível, pois estes devem estar firmemente aderidos à parede dos túbulos para providenciar retenção, mas, no caso da dentina profunda - rica em túbulos - as forças de adesão são geralmente baixas devido ao aumento da permeabilidade. De qualquer modo, os *tags* de resina podem fornecer alguma informação sobre a molhabilidade do adesivo (Sezinando, 2014).

#### **4.4. Classificação dos sistemas adesivos**

A classificação dos sistemas adesivos segundo a evolução cronológica permite divide-los em gerações (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup>) consoante o surgimento de progressos nas técnicas adesivas, embora nem sempre uma nova geração constitua uma melhoria relativamente à precedente (Coelho, Canta, Martins, Oliveira, & Marques, 2012). Esta, atualmente considerada obsoleta e apenas útil para efeitos de *marketing* (Sezinando, 2014), foi sendo substituída por uma classificação mais atual – a classificação contemporânea dos sistemas adesivos. Esta baseia-se na interação dos sistemas adesivos com a *smear layer*, se a removem ou incorporam na técnica adesiva e permite definir, respetivamente, dois grupos de sistemas adesivos: *etch-and-rinse* e *self-etch* (Tabela 1) (Hilton et al., 2013; Sezinando, 2014).

##### **4.4.1. Sistemas adesivos *etch-and-rinse***

Dependendo do protocolo clínico, e da aplicação separada ou simultânea do *primer* e do adesivo, os sistemas *etch-and-rinse*, podem ser subdivididos em sistemas de três e dois passos, respetivamente (Hilton et al., 2013; Sezinando, 2014). Em ambos a aplicação do ácido é em separado, e o agente mais frequentemente utilizado é o ácido fosfórico em forma de gel a 30-40% com um pH de 0,1 a 0,4. Este baixo pH tem também uma atividade antibacteriana (Sezinando, 2014).

#### 4.4.1.1. Sistemas adesivos *etch-and-rinse* de 3 passos

Estes sistemas, pertencentes à quarta geração de sistemas adesivos, são considerados o *gold standard* e são constituídos por um protocolo clínico que abrange a aplicação de um ácido, *primer* e adesivo (Hilton et al., 2013).

A aplicação do ácido nestes sistemas resulta na remoção da *smear layer*, na desmineralização da dentina numa profundidade de 3-5  $\mu\text{m}$  e na aquisição de uma forma de funil pelos túbulos dentinários. Este último efeito deve-se à presença de uma elevada quantidade de conteúdo mineral na dentina peritubular relativamente à dentina intertubular (Hilton et al., 2013). A remoção do conteúdo mineral resulta na exposição da rede de fibras de colagénio (Sezinando, 2014). Adicionalmente, o ácido confere à superfície dentinária uma microestrutura porosa, permitindo a infiltração dos monómeros do adesivo (Hilton et al., 2013). O ácido produz, igualmente, alterações na energia de superfície, consequência indesejável pois, para que se verifique um bom contacto, os adesivos devem ter uma baixa energia de superfície e os substratos, pelo contrário, devem ter uma energia de superfície elevada (Heymann et al., 2013).

Diversos estudos foram desenvolvidos para investigar os efeitos de diferentes tempos de condicionamento ácido nas forças de adesão à dentina. Contudo, apesar de se verificar um aumento da porosidade com a extensão do tempo, não existia necessariamente um aumento das forças de adesão. Um excessivo tempo de condicionamento ácido vai provocar uma desmineralização da dentina mais profunda, tornando-a mais suscetível a uma infiltração ineficaz com baixas forças de adesão e zonas de fragilidade. A exposição das fibras de colagénio com um ataque ácido superior a 15 segundos pode produzir alterações estruturais que enfraquecem a camada híbrida. Assim, os clínicos devem procurar obter a desmineralização da dentina apenas num alcance que permita a infiltração, sendo que esta deve limitar-se à dentina superficial, razão da viscosidade dos componentes aplicados (Hilton et al., 2013).

Após a exposição ao agente acídico segue-se uma lavagem com água que, juntamente com a água pré-existente na composição da dentina, preenche os espaços interfibrilares. A dentina deve manter-se completamente hidratada no sentido de ser capaz de suportar as fibras de colagénio e prevenir o seu colapso (Carvalho et al., 2012; Kugel & Ferrari, 2000; Perdigão et al., 2013; Sezinando, 2014). Contudo uma dentina húmida não é um

conceito fácil de definir clinicamente e pode conduzir a forças de adesão inferiores ao ideal se estiver demasiado húmida ou demasiado seca (Kugel & Ferrari, 2000).

O passo seguinte incorpora a aplicação do *primer*, moléculas que ajudam na preparação da dentina, substrato muito hidrofílico, ajudando-a a adquirir características hidrofóbicas para receber as moléculas de resina, também hidrofóbicas. Neste contexto, são constituídos por moléculas anfíliticas, ou seja, moléculas com propriedades hidrofílicas e hidrofóbicas (Perdigão et al., 2013; Sezinando, 2014). As primeiras permitem melhorar a molhabilidade dos tecidos dentários e, conseqüentemente, permitem a penetração dos monómeros na rede de colagénio. As segundas permitem a copolimerização com o material restaurador (Hilton et al., 2013; Perdigão et al., 2013; Sezinando, 2014). Exemplos destas moléculas são trietilenoglicol dimetacrilato (TEGDMA), bisfenol glicidil metacrilato (bis-GMA) e uretano dimetacrilato (UDMA). A estas são adicionados solventes (água, etanol e acetona) para diminuir a viscosidade inerente dos monómeros, permitindo que estes infiltrem a dentina desmineralizada (Hilton et al., 2013). Os *primers* permitem também aumentar a energia de superfície da dentina, com conseqüências diretas nas forças de adesão (Heymann et al., 2013).

Após a aplicação dos *primers* estes devem ser secos com o ar para volatilizar os remanescentes antes da aplicação do adesivo resinoso, num tempo recomendado de 10 segundos ou mais. A extensão da evaporação do solvente depende da técnica clínica e da mistura de co monómeros de cada material. As falhas neste passo podem constituir mais efeitos adversos para a adesão do que qualquer outro (Hilton et al., 2013).

O protocolo clínico dos sistemas adesivos de três passos termina com a aplicação de adesivos constituídos por monómeros maioritariamente hidrofóbicos, como é o caso do bis-GMA e TEGDMA (Hilton et al., 2013), com uma pequena percentagem de monómeros hidrofílicos, no qual se inclui o HEMA (Heymann et al., 2013). Estes devem ser aplicados na superfície preparada pelo *primer* com um *micro-brush* para uma espessura ótima de 60 a 120 µm, dependendo da viscosidade. Por não existir nenhum solvente deve ser utilizada uma seringa de ar para diminuir a espessura da camada de adesivo aplicada, com alguma precaução para evitar que se forme uma superfície pouco homogénea, com zonas mais finas incapazes de polimerizar (Hilton et al., 2013).

Efetivamente, a camada de adesivo deve ser corretamente polimerizada para garantir uma boa adesão do material restaurador à superfície do dente. A camada externa do adesivo, normalmente não consegue este efeito pois está exposta ao oxigénio, que inibe a polimerização, razão pela qual é designada camada inibida pelo oxigénio. Por conseguinte, a camada de superfície contém grupos metacrilato que podem co polimerizar com a resina restauradora (Hilton et al., 2013).

É de salientar, que uma adequada intensidade de luz é um fator importante na polimerização. Prolongar o tempo de exposição à luz polimerizadora melhora a polimerização e as propriedades dos adesivos. Contudo, o aumento da temperatura inerente poderá provocar efeitos adversos para a polpa, especialmente em aparelhos potentes (Hilton et al., 2013)

#### 4.4.1.2. Sistemas adesivos *etch-and-rinse* de 2 passos

Os sistemas adesivos *etch-and-rinse* de 2 passos integram a quinta geração de sistemas adesivos e a sua utilização passa pela aplicação do ácido, à semelhança dos sistemas de três passos, e posterior aplicação de uma solução que combina o *primer* com o adesivo de resina. Dada a simplicidade da técnica e a redução de passos clínicos têm sido muito utilizados (Hilton et al., 2013).

A polimerização alcançada por estes sistemas não é perfeita, o que resulta num aumento potencial da absorção de água a partir da dentina subjacente, que afeta negativamente a durabilidade e estabilidade da interface adesiva, quando comparados com os sistemas de três passos. Isto pode ser explicado pela presença residual de água que impede a formação de polímeros e pelas elevadas concentrações de solventes presentes na solução combinada de *primer* e adesivo. Apesar de desvantajoso neste sentido, os solventes permitem diminuir a viscosidade do adesivo e facilitam a infiltração dos co monómeros na dentina desmineralizada (Hilton et al., 2013).

Estes adesivos combinam as propriedades anfíliticas do *primer* com os monómeros hidrofóbicos do agente adesivo solúveis, geralmente, em etanol ou acetona. Tem sido demonstrado, em diversos estudos, uma limitação na impregnação dos monómeros de resina na superfície húmida da dentina desmineralizada. Isto pode ser afetado por inúmeros parâmetros clínicos como é o caso do tempo e modo de aplicação, a evaporação do solvente e o tempo de polimerização (Hilton et al., 2013).

A primeira camada aplicada à dentina condicionada funciona como *primer*, aumentando a energia de superfície da dentina. A segunda, terceira, quarta e por aí adiante, atua como o agente adesivo utilizado nos sistemas de três passos, preenchendo os espaços entre as fibras de colagénio expostas (Heymann et al., 2013).

#### 4.4.2. Sistemas adesivos *self-etch* ou *etch-and-dry*

Os sistemas *self-etch* foram desenvolvidos como resposta à necessidade de obter um procedimento adesivo mais simples, com menos passos clínicos e menor sensibilidade técnica, desvantagens inerentes aos sistemas *etch-and-rinse* (Sezinando, 2014).

Estes sistemas são constituídos por uma solução de monómeros acídicos não laváveis e apenas secos com a seringa de ar, razão pela qual são designados adesivos *etch-and-dry*. Têm a particularidade de tornarem a *smear layer* permeável, ao contrário dos anteriores que a removiam (Hilton et al., 2013). Como esta camada é deixada parcialmente intacta, esta classe de adesivos provoca, possivelmente, menos sensibilidade pós operatória do que os sistemas *etch-and-rinse* (Sezinando, 2014). Este último efeito é mais notório em cavidades profundas e deve-se à obstrução dos túbulos pelos *smear plugs* (Hilton et al., 2013). Contudo, este facto carece de validação científica, já que os ensaios clínicos têm concluído que esta diminuição está mais relacionada com a técnica do operador do que com a estratégia adesiva (Sezinando, 2014).

Esta classe pode ser subdividida em duas, de acordo com o número de passos envolvidos. O de dois passos envolve a preparação do substrato com um *primer* acídico, seguido de secagem com ar e aplicação do adesivo de resina. O de um passo combina o *primer* acídico e o adesivo numa só solução (Hilton et al., 2013; Sezinando, 2014).

Como estes adesivos contêm monómeros acídicos que, simultaneamente, condicionam e preparam a superfície, não necessitam do ataque ácido em separado (Carvalho et al., 2012; Hilton et al., 2013; Tjäderhane, 2015). Estes monómeros são responsáveis por dissolver a *smear layer* e desmineralizar a dentina subjacente. Esta desmineralização é auto limitativa pois a acidez dos monómeros é gradualmente tamponada pelo conteúdo mineral da dentina. Isto implica que o aspeto morfológico resultante da interface seja largamente dependente das características da dentina à qual o adesivo é aplicado e da agressividade dos monómeros acídicos. Assim, os sistemas *self-etch* têm sido



classificados, de acordo com a sua acidez, em fortes com  $\text{pH} < 1$ , intermédios com  $\text{pH} = 1,5$  e suaves com  $\text{pH} > 2$  (Carvalho et al., 2012).

#### 4.4.2.1. Sistemas adesivos *self-etch* de 2 passos

Os sistemas *self-etch* de dois passos incorporam um *primer* ácido seguido de um adesivo de resina hidrofóbico livre de solventes, semelhante ao utilizado nos sistemas *etch-and-rinse* de três passos (Hilton et al., 2013).

Os monómeros ácidos apesar de não remover a *smear layer*, expõe cerca de 0,5-1  $\mu\text{m}$  de colagénio intertubular. Além disto, contrariamente às moléculas ácidas convencionais, estes agentes não são lavados e o seu mecanismo de adesão inclui a incorporação dos *smear plugs* nos *tags* de resina (Heymann et al., 2013).

Apesar dos sistemas *self-etch* fortes terem bom desempenho no esmalte, a sua capacidade de adesão à dentina permanece comprometida. A sua elevada acidez não permite o tamponamento fornecido pela hidroxiapatite dissolvida, conduzindo a uma ação do ácido mais prolongada e uma incompleta polimerização. Sendo assim, os adesivos suaves são os preferenciais para este substrato. Estes desmineralizam parcialmente a dentina, deixando cristais de hidroxiapatite residuais que protegem as fibras de colagénio. Assim, estes tipos de adesivos têm demonstrado uma adesão à dentina com uma estabilidade e longevidade comparáveis aos adesivos *etch-and-rinse* de três passos (Hilton et al., 2013).

Alguns dos monómeros presentes nos adesivos suaves estabelecem uma ligação química com os componentes minerais da dentina, como é o caso da molécula 10-MDP. Esta ligação dá-se entre o ácido carboxílico e os grupos fosfato, constituintes desta, com o cálcio da hidroxiapatite. Por esta razão, a eliminação da *smear layer* atingida pela desmineralização da dentina durante a aplicação do ácido fosfórico esgota a maioria da hidroxiapatite que poderia estar disponível para essa interação química, o que diminuiria as forças e adesão criadas por estes sistemas (Hilton et al., 2013). A ligação formada por este monómero é mais resistente ao meio húmido do que outros monómeros utilizados na composição de adesivos *self-etch*, como o 4-META (4-metacriloxietil trimelitato anidro) e o fenil-P (2-metacriloxietil-fenil-hidrogénio fosfato) (Heymann et al., 2013).

O agente adesivo que segue a aplicação do *primer* ácido contém monómeros hidrofóbicos não solvatados, como o bis-GMA e o TEGDMA. Portanto, as

recomendações clínicas descritas para os sistemas *etch-and-rinse* de três passos são aplicáveis para estes, as quais incluem o uso de um *micro-brush* para otimizar a espessura do adesivo, a aplicação por camadas para conseguir uma superfície totalmente saturada e adequados tempos de polimerização (Hilton et al., 2013)

#### 4.4.2.2. Sistemas adesivos *self-etch* de 1 passo

Os sistemas *self-etch* de um passo são considerados os mais simples e os mais recentemente desenvolvidos. Estes combinam os três passos do procedimento adesivo num só, através da aplicação de uma solução contendo misturas de resinas hidrofóbicas e hidrofílicas, ácido e água para ativar o ácido (Hilton et al., 2013).

São caracterizados por terem na sua composição os monómeros mais hidrofílicos atualmente disponíveis e por serem os mais simples e fáceis de aplicar clinicamente, apesar das baixas forças de adesão imediatas que produzem (Hilton et al., 2013). Os monómeros hidrofílicos produzem uma interface adesiva após polimerização que atua como uma membrana semipermeável, permitindo sorção de água pela superfície, o que facilita fenómenos de degradação por hidrólise (Carvalho et al., 2012; Hilton et al., 2013; Sezinando, 2014). Para evitar isto, foram adicionados dimetacrilatos hidrofóbicos (Hilton et al., 2013).

Estes sistemas também mostraram baixos graus de conversão monómero-polímero e, consequentemente, baixa longevidade da adesão relativamente aos sistemas anteriores, o que pode ser explicado pela elevada concentração de monómeros hidrofílicos e pela presença de água. Todo este processo resulta numa estrutura porosa com capacidade de selamento reduzida ao longo da interface adesiva (Hilton et al., 2013). De facto, quando os sistemas de um passo são aplicados à dentina, a secagem com ar pode não ser suficiente para remover toda a água e o solvente, comprometendo a polimerização dos monómeros e as forças de adesão (Sezinando, 2014).

Tabela 1 - Sistemas adesivos. Adaptada de Heymann et al., 2013

Estratégia adesiva	Nº de passos	Geração	Ácido	Primer	Adesivo
<b>Sistemas etch-and-rinse</b>	3	4	Remoção da <i>smear layer</i> ; Desmineralização da dentina com exposição da rede de colagénio; Túbulos com forma de funil; Diminuição da energia de superfície.	Inclui moléculas anfíliticas; Aumenta a energia de superfície.	Inclui monómeros hidrofóbicos (bis-GMA) e pequenas quantidades de monómeros hidrofílicos (HEMA); Co polimeriza com as moléculas do <i>primer</i> ; Infiltra os espaços interfibrilares.
	2	5	Remoção da <i>smear layer</i> ; Desmineralização da dentina com exposição da rede de colagénio; Túbulos com forma de funil; Diminuição da energia de superfície.	Infiltra-se nos túbulos dentinários para formar <i>tags</i> de resina; A primeira camada funciona como <i>primer</i> (aumentando a energia de superfície) e as seguintes como adesivo (preenchendo os espaços interfibrilares).	
<b>Sistemas self-etch ou etch-and-dry</b>	2	6/7	Não remove a <i>smear layer</i> mas expõe cerca de 0.5-1 µm de colagénio intertubular; Não remove os <i>smear plugs</i> mas incorpora-os com os <i>primers</i> acídicos, criando uma via para a infiltração do adesivo de resina.		O adesivo é semelhante ao utilizado nos sistemas de três passos.
	1	6/7	Incorpora a <i>smear layer</i> na interface; Desmineraliza e infiltra a dentina simultaneamente, deixando um precipitado na camada híbrida; Forma finas camadas de adesivo o que resulta em baixas forças de adesão. Para contornar este problema recomendam-se a aplicação de múltiplas camadas.		

## 5. Adesão à dentina envelhecida

A estrutura dentinária é submetida a alterações histológicas e fisiológicas ao longo do tempo. Desta forma, os dentes permanentes dos pacientes idosos adquirem diferentes morfologia e composição, o que pode adulterar os resultados do condicionamento ácido e da infiltração dos monómeros de resina para a formação da camada híbrida (Giannini, Chaves, & Oliveira, 2003).

O complexo pulpo-dentinário tem capacidade de responder aos múltiplos estímulos a que o dente é sujeito ao longo da vida. Estes podem ser fisiológicos, relacionados com o *stress* a que o dente é constantemente submetido ou patológicos, por cáries, perda de estrutura dentária ou tratamentos restauradores, sendo que, frequentemente, ambos ocorrem simultaneamente (Burke & Samarawickrama, 1995). Esta resposta consiste no aumento substancial do grau de mineralização da dentina, o que resulta no aumento da espessura e redução da permeabilidade. Efetivamente com o envelhecimento verifica-se uma deposição contínua de dentina, tornando os túbulos obstruídos, o que se designa por esclerose fisiológica (Perdigão et al., 2012). A esclerose dos túbulos dentinários pode influenciar o tratamento da superfície que antecede a aplicação dos materiais adesivos. Nesta situação, a aplicação do *primer* tem menor eficácia na abertura dos túbulos e a dentina intertubular é desmineralizada de forma seletiva, uma vez que contém pouco colagénio e é mais suscetível à ação do ácido (Burke & Samarawickrama, 1995).

Contudo, as consequências que estas alterações têm nas forças de adesão são pouco evidentes (Perdigão et al., 2012) conforme ilustra a Tabela 2, com autores a considerarem a dentina envelhecida um substrato menos recetivo à adesão e outros, por outro lado, a demonstrarem melhores forças de adesão, possivelmente devido às características das fibras de colagénio expostas após a aplicação de agentes acídicos à superfície da dentina de dentes de pacientes idosos (Giannini et al., 2003). Adicionalmente, têm-se verificado que a composição dos sistemas adesivos também pode ser um fator preponderante, com alguns a ligarem-se mais facilmente a tecidos hipermineralizados e outros a substratos mais orgânicos (Ozer, Sengun, Ozturk, Say, & Tagami, 2005).

Em 1994, Burrow e os seus colaboradores investigaram o possível efeito da profundidade e do envelhecimento da dentina nas forças de adesão alcançadas por três sistemas adesivos diferentes. Para isso recorreram a substratos dentinários obtidos a partir de molares recém-extraídos, desprovidos de cáries e restaurações, os quais foram

armazenados numa solução salina com cristais de timol a 4°C. Estes foram, posteriormente, reunidos em dois grupos distintos: o primeiro constituído, maioritariamente, por terceiros molares provenientes de pacientes com idades inferiores a 30 anos e o segundo com molares de pacientes com mais de 50 anos, perdidos em consequência de doença periodontal. Os dentes de ambos os grupos foram seccionados em forma de discos com 3 mm de espessura e agrupados consoante a profundidade a que foram adquiridos. Os sistemas adesivos utilizados foram o Scotchbond Multi-purpose®, o Superbond D-liner® e o Liner Bond II® e os resultados obtidos analisados através do método estatístico ANOVA e da microscopia eletrónica de varredura (Burrow et al., 1994).

Os sistemas adesivos aplicados demonstraram elevadas forças de adesão e variações não significativas estatisticamente relativamente à profundidade e à idade da dentina, exceto o Superbond D-liner® que revelou diferenças ao comparar a dentina profunda de dentes jovens e a dentina superficial de dentes idosos, possivelmente explicadas pelo pequeno tamanho das amostras utilizadas. Estes resultados não são concordantes com pesquisas anteriores, embora, por outro lado, sejam concordantes com o estudo de Tagami et al., efetuado em pré-molares. Os autores explicaram os resultados obtidos recorrendo aos materiais e métodos utilizados já que, os discos de dentina aos quais foram aplicados os sistemas adesivos eram representativos de um substrato seco, sem a humidade necessária para uma boa adesão (Burrow et al., 1994)

O Scotchbond Multi-purpose® e o Superbond D-liner®, sistemas que utilizam o ácido e o *primer* em separado, produziram no presente estudo uma camada infiltrada pela resina muito mais espessa e bem demarcada. Com o Scotchbond Multi-purpose®, a comparação entre o grupo de pacientes jovens e idosos permitiu concluir que os primeiros apresentaram mais irregularidades na interface adesiva, o que pode dever-se às variações na estrutura do colagénio, já que em pacientes jovens se registam um maior número de ligações cruzadas e um menor grau de calcificação. Com o Superbond D-liner®, as variações existentes entre ambos os grupos foram mais evidentes. Os dentes jovens registaram, igualmente, uma maior espessura na camada impregnada pela resina e mais irregularidades. Nos dentes envelhecidos, a espessura da camada variou consoante a profundidade da dentina, com menores espessuras para a dentina mais profunda. Os resultados esperados pelos autores seriam, no entanto, contrários, possivelmente pela dentina superficial ser registada como mais calcificada, o que reduziria a eficácia do

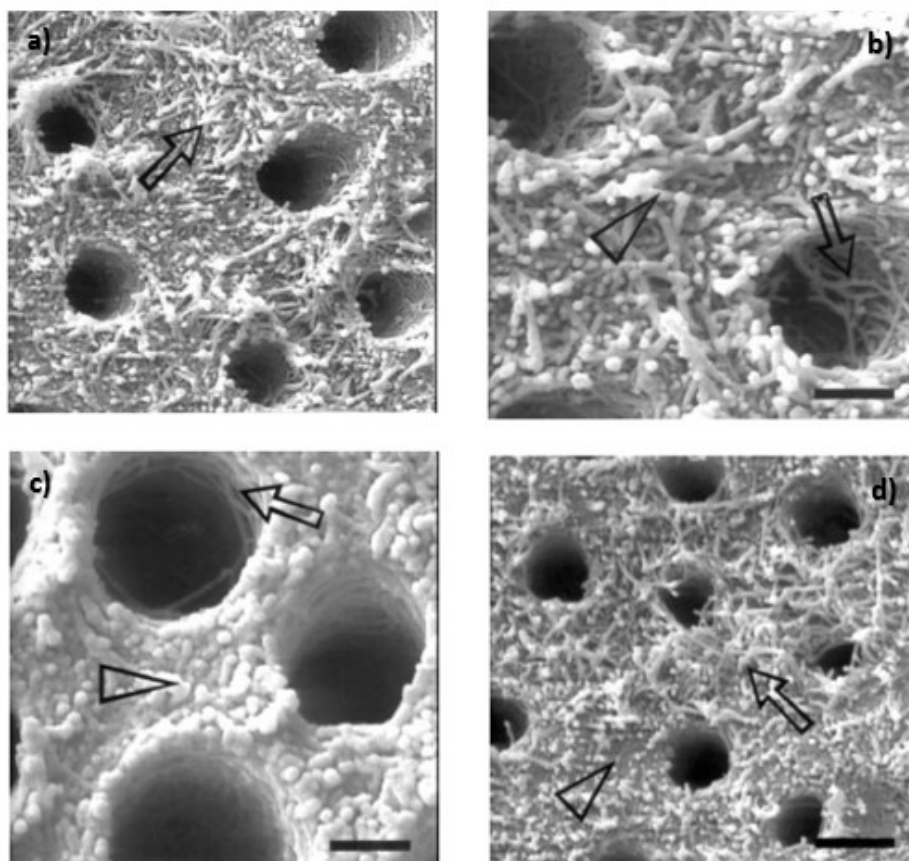
agente ácido. Finalmente, com o Liner Bond II®, as camadas infiltradas pela resina foram as mais finas e as mais difíceis de detetar, o que foi explicado pelo facto do sistema adesivo combinar a aplicação do ácido com o *primer*, originando um baixo grau de descalcificação. Contudo isto foi o não reflexo de baixas forças de adesão, o que pode dever-se ao facto de matriz de colagénio não colapsar neste tipo de técnica adesiva, permitindo formar uma barreira à infiltração da resina ou pela manutenção de um elevado grau de água residual. Isto confirma a ideia de que para uma boa adesão é mais importante a qualidade da camada híbrida do que a sua espessura (Burrow et al., 1994).

Aproximadamente 10 anos depois, um estudo direccionado por Giannini avaliou o efeito do envelhecimento nas forças de adesão obtidas quando aplicado o sistema adesivo Prime & Bond NT® à dentina, que requer o condicionamento da superfície com ácido fosfórico a 36% e combina o *primer* e o adesivo num único passo. Neste caso, os objetos de estudo foram 25 terceiros molares sãos que, após extração, foram armazenados em água destilada com cristais de timol durante 4 meses. Os mesmos foram organizados de acordo com a idade do paciente em cinco grupos: 17-20 anos, 21-30 anos, 31-40 anos, 41-50 anos e 51-63 anos. As superfícies dentinárias foram obtidas após remoção do esmalte oclusal e o sistema adesivo foi aplicado de acordo com as instruções do fabricante (Giannini et al., 2003).

Os dados resultantes foram analisados estatisticamente através do método ANOVA, o qual detetou que, embora os dentes jovens tenham demonstrado menores forças de adesão, as diferenças entre os grupos etários não foram estatisticamente significativas. A dentina condicionada pelo ácido foi ainda observada com microscopia eletrónica de varredura e verificou-se que este agente permitiu a abertura dos túbulos dentinários e a desmineralização da dentina intertubular e peritubular de todos os grupos. Além disto, foi possível observar que a exposição das fibras de colagénio foi mais evidente na dentina de dentes jovens, possivelmente por não existir a hipermineralização consequente do envelhecimento (Figura 3). Contudo, estas alterações não afetaram os valores das forças de adesão (Giannini et al., 2003).

A possível explicação apresentada pelos autores para serem obtidos valores de forças de adesão semelhantes para os diferentes grupos etários, independentemente dos efeitos do envelhecimento, tem por base um estudo de Tay et al., no qual foi determinado que um pH do ácido mínimo de 2,8 seria necessário para desmineralizar eficazmente a dentina

intacta. No presente estudo, o pH foi de 1,8 e, assim, não só desmineralizou a dentina intacta como teve a capacidade de promover uma segunda desmineralização subjacente à dentina envelhecida, o que permitiu uma infiltração profunda dos monómeros de resina (Giannini et al., 2003).



*Figura 3 – Imagens ilustrativas das diferenças na desmineralização da dentina em diferentes grupos etários; a) superfície dentinária jovem (18 anos) após a eliminação do conteúdo inorgânico pelo ácido; b) túbulos dentinários com intensa exposição das fibras de colagénio (20 anos); c) túbulos dentinários com exposição das fibras de colagénio (29 anos); d) superfície dentinária envelhecida (50 anos) após a eliminação do conteúdo inorgânico pelo ácido (Giannini et al., 2003).*

Ozer et al. desenvolveu um estudo centrado no efeito da idade da dentina e do esmalte nas forças de adesão produzidas por dois sistemas adesivos *self-etch* com base de ionómero de vidro: Reactmer Bond® (*self-etch* de 1 passo) e ABF Bond® (*self-etch* de 2 passos). Para este efeito foram extraídos 24 primeiros e segundos molares são agrupados em três faixas etárias: 20-25 anos, 35-40 anos e 50-55 anos, cada um com 8 dentes, 4 para cada sistema adesivo. Estes foram armazenados numa solução salina a 4°C e utilizados 1 mês após a extração e após serem seccionados perpendicularmente ao seu longo eixo. Os sistemas adesivos foram então aplicados aos fragmentos de esmalte e

dentina de acordo com as instruções do fabricante e, posteriormente, foram analisadas a interface resina/dentina com microscopia eletrônica de varredura e os valores da resistência adesiva analisados estatisticamente através da ANOVA (Ozer et al., 2005).

Relativamente ao esmalte, as forças de adesão não foram afetadas pelos efeitos do envelhecimento, um resultado já esperado pelos autores, uma vez que a composição deste tecido não é alterada com o passar dos anos. A aplicação do sistema ABF Bond® revelou menores forças de adesão ao esmalte comparativamente à dentina, o que também se verificou para o sistema Reactemer Bond®, embora neste os valores não sejam estatisticamente significativos. Isto pode ser explicado pela utilização de sistemas adesivos auto condicionantes. De facto, a profundidade e o padrão de condicionamento ácido no esmalte depende de diversos parâmetros como o tipo de ácido, a concentração, a duração da aplicação e a composição do substrato. Estes sistemas, ao combinarem o ácido e o *primer* num único passo, não são capazes de fornecer um condicionamento do esmalte suficiente para uma boa adesão (Ozer et al., 2005).

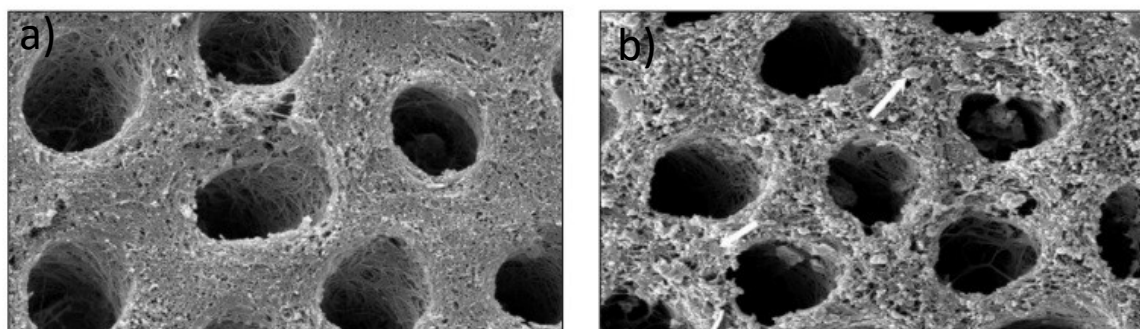
Para a dentina, concluiu-se que os valores de adesão dos agentes de um passo – Reactemer Bond® – foram menores quando comparados com os sistemas de dois passos – ABF Bond®. Isto deve-se aos sistemas com *primers* acídicos requererem o condicionamento e a aplicação do *primer* previamente à aplicação do adesivo para uma adesão máxima. Estes *primers* estão desenvolvidos para dissolver o conteúdo mineral da *smear layer* e alterar a dentina superficial subjacente. Embora os valores das forças de adesão serem diferentes para os dois sistemas utilizados, a observação com a microscopia eletrônica de varredura revelou que a camada híbrida resultante foi semelhante, apresentando uma espessura muito fina para ambos os grupos. Adicionalmente, observou-se que para os pacientes idosos a espessura diminuía, o que confirma que esta não é a única responsável pela adesão (Ozer et al., 2005).

Quanto às forças de adesão obtidas nos diferentes grupos etários, para o sistema Reactemer Bond® não foram registadas diferenças significativas, resultado concordante com estudos anteriores como o efetuado por Burrow et al.. Por outro lado, o ABF bond® produziu maiores forças de adesão para o grupo com dentina envelhecida, o que pode ser explicado pelo aumento do conteúdo mineral de pacientes com idades mais avançadas e pela presença de bis-GMA no sistema adesivo, o que, segundo Sidhu et al., o torna mais



eficaz na redução da microinfiltração quando aplicado à dentina envelhecida (Ozer et al., 2005).

Nesta linha de pensamento, Brackett e os seus parceiros avaliaram o efeito da resistência adesiva de um sistema adesivo *etch-and-rinse* (Primer & Bond NT®) aplicado à dentina e ao esmalte e de um ionómero de vidro modificado por resina (Fuji Bond LC®) aplicado à dentina. Foram extraídos 15 molares livres de cáries por motivos de doença periodontal a indivíduos com mais de 60 anos de idade e 15 molares recolhidos de pacientes adultos jovens. Todos os dentes foram armazenados em água saturada com timol. Os sistemas adesivos foram aplicados aos substratos seguindo as instruções dos fabricantes e, após serem restaurados, foram seccionados no sentido facio-lingual em placas com 0,8 mm de espessura. O tipo de fratura foi categorizado em adesiva, coesiva ou mista após observação com microscópio com 2,5x de ampliação. Adicionalmente, para o teste microtração, a dentina jovem e envelhecida foram condicionadas por 15 segundos pelo mesmo ácido fosfórico, foram desidratadas com álcool e as suas superfícies examinadas com microscopia eletrônica de varredura (Brackett et al., 2008).



*Figura 4 - Padrão de condicionamento ácido para a dentina jovem (a) e envelhecida (b) (Brackett et al., 2008).*

Foram observadas elevadas falhas na estrutura do dente para ambas as idades, possivelmente explicadas pelo longo intervalo entre a extração dos dentes e o ensaio, o que atesta os dados fornecidos anteriormente por outros autores. A dentina avaliada para o parâmetro da resistência adesiva foi relativamente superficial e, como tal, seria de esperar que as camadas híbridas produzidas fossem mais finas, especialmente para a dentina envelhecida. Contudo, esta menor espessura das camadas híbridas, de acordo com outros autores, não traduzem menores forças de adesão. Esta hipótese foi confirmada no presente estudo, no qual não foram encontradas diferenças significativas quando

comparadas as forças de adesão da dentina jovem e envelhecida, tanto para o adesivo resinoso como para o de ionómero de vidro. A dentina envelhecida apresentou uma coloração uniformemente mais escura e translúcida do que a dentina derivada de pacientes jovens. A análise com microscopia eletrônica de varredura da dentina condicionada proveniente de pacientes idosos revelou uma permeabilidade tubular e uma densidade muito semelhante à da dentina jovem (Figura 4) (Brackett et al., 2008).

Um outro estudo desenvolvido em 2011 por Lopes et al. avaliou as forças de adesão à dentina jovem e envelhecida com a aplicação de um sistema adesivo *etch-and-rinse* com dois tempos de condicionamento ácido: 15 e 30 segundos, comparando-as, adicionalmente, com a dureza da dentina. Foram recolhidos 24 molares são e armazenados numa solução salina por um tempo máximo de 3 meses após extração, sendo que 12 foram provenientes de pacientes com idades entre os 55 e os 60 anos e os restantes 12 para pacientes com idades entre os 18 e os 22 anos. Todos os dentes foram seccionados com um disco diamantado com irrigação para eliminar o esmalte oclusal e, de seguida, cortados no sentido vestibulo-lingual em duas partes iguais. As metades mesiais de ambos os grupos foram condicionadas com ácido fosfórico a 35% durante 15 segundos e as distais por 30 segundos (Lopes et al., 2011).

Os resultados deste estudo permitiram concluir que não existe uma relação entre a dureza da dentina e as forças de adesão. Não obstante, a dentina envelhecida apresentou uma maior dureza comparativamente à dentina jovem, possivelmente representante de um elevado grau de mineralização. Este torna a dentina envelhecida mais resistente à desmineralização pelo ácido, o que origina uma camada híbrida mais fina. Contrariamente, outros autores demonstraram não existir conexão entre a espessura desta camada e a idade do substrato. No presente estudo verificou-se, microscopicamente, uma dificuldade na desmineralização da dentina envelhecida e *tags* de resina mais cónicos quando o tempo de condicionamento ácido foi de 15 segundos. Contudo, ao duplicar este tempo, o resultado foi uma camada híbrida mais homogénea o que tem, consequentemente, um efeito positivo nas forças de adesão. Assim, o aumento do tempo de ação do agente acídico permite uma exposição mais adequada das fibras de colagénio, permitindo ao adesivo formar uma camada híbrida mais coesa e forças de adesão semelhantes às obtidas para a dentina jovem. Isto pode ser explicado pela *smear layer* obtida aquando da preparação da dentina envelhecida não ser tao solúvel quanto a da

dentina jovem e, como tal, a sua remoção não é completamente alcançada quando o tempo de condicionamento ácido é de 15 segundos (Lopes et al., 2011).

Concluindo, para estes autores o potencial de adesão à dentina de pacientes idosos é semelhante ao de pacientes jovens, já que não foram encontradas diferenças estatísticas significativas. Contudo, o aumento do condicionamento ácido na dentina envelhecida produz maiores forças de adesão (Lopes et al., 2011).

Um estudo mais recente, desenvolvido por Perdigão et al. (2012) avaliou o efeito do envelhecimento da dentina e da composição de cinco sistemas adesivos nas forças de adesão a este substrato. Para isso foram extraídos 60 terceiros molares sãos e pré-molares maxilares agrupados de acordo da idade do paciente: menos de 21 anos, entre 21 e 40 anos e mais de 40 anos. Os dentes foram armazenados numa solução de 0,5% de cloroamina durante o período de um mês e, 24 horas antes do uso, foram deixados em água destilada a 4°C. A dentina foi seccionada paralelamente à superfície oclusal e, para cada grupo etário, foram atribuídos aleatoriamente os cinco sistemas adesivos: Adper Easy Bond® (*self-etch* de 1 passo), Experimental Adper Easy Bond® sem copolímero de Vitrebond®, Adper Single Bond Plus® (*etch-and-rinse* de 2 passos), Experimental Adper Single Bond Plus® sem copolímero de Vitrebond® e Adper Scotchbond Multi-Purpose® (*etch-and-rinse* de 3 passos) como controlo. O copolímero de Vitrebond® foi utilizado primeiramente como copolímero de ácido polialcenoico. Este ácido, à semelhança do ácido policarboxílico, promove uma estável união química entre os grupos carboxílico e o cálcio da hidroxiapatite, embora não desmineralize a superfície tão eficazmente como o ácido fosfórico. Neste estudo, os resultados revelaram que a presença do copolímero de Vitrebond® no Adper Easy Bond® não influenciou as forças de adesão, independentemente do grupo etário ao qual foi aplicado. Por outro lado, no Adper Single Bond®, o copolímero de Vitrebond® possibilitou forças de adesão significativamente maiores para todas as idades, quando comparado com o mesmo sistema adesivo sem o copolímero. Esta diferença nos dois sistemas adesivos com o copolímero pode ser explicada pela concentração deste em cada um, já que no Adper Easy Bond® contém apenas 1-5% e o Adper Single Bond® o dobro.

Já para o Adper Scotchbond Multi-Purpose®, as forças de adesão obtidas para o grupo de maiores de 40 anos foram baixas, o que indica que este material não adere tão eficazmente à dentina envelhecida. Um estudo desenvolvido anteriormente comparou as

forças de adesão da dentina cariada quando aplicado este sistema adesivo com e sem ácido polialcenoico no *primer*. A remoção deste resultou em forças de adesão mais baixas, o que é um indicativo de que a quantidade de cálcio residual na dentina cariada pode ser crucial para estabelecer a ligação química pretendida. Neste estudo, como foi utilizada dentina sã, não foi possível fazer uma comparação direta com estes resultados (Perdigão et al., 2012).

Tabela 2 - Estudos comparativos dos efeitos do envelhecimento nas forças de adesão à dentina

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Amostra</b>	<b>Conclusões</b>
<b>Burrow et al.</b>	1994	Investigar o efeito da profundidade e do envelhecimento da dentina nas forças de adesão obtidas por três sistemas adesivos: Scotchbond Multi-purpose®, Superbond D-liner® e Liner Bond II®.	Molares são agrupados de pacientes com idades < 30 anos e de pacientes com > 50 anos.	A profundidade e idade da dentina não influenciam as forças de adesão.
<b>Giannini et al.</b>	2003	Avaliar o efeito do envelhecimento da dentina nas forças de adesão alcançadas pelo sistema adesivo Primer & Bond NT®.	25 terceiros molares são divididos em cinco faixas etárias: 17-20, 21-30, 31-40, 41-50 e 51-63.	Não foram detetadas diferenças significativas entre as forças de adesão à dentina e o envelhecimento.
<b>Ozer et al.</b>	2005	Estudar o efeito da idade da dentina e do esmalte nas forças de adesão produzidas por dois sistemas adesivos: Reactmer Bond® ( <i>self-etch</i> de 1 passo) e ABF Bond® ( <i>self-etch</i> de 2 passos).	24 primeiros e segundos molares são provenientes de três grupos etários: 20-25, 35-40 e 50-55 anos.	O ABF Bond® produziu forças de adesão maiores à dentina envelhecida relativamente à jovem, contrariamente ao Reactmer Bond® que não sofreu alterações.
<b>Brackett et al.</b>	2008	Avaliar o efeito da resistência adesiva de dois sistemas adesivos: um <i>etch-and-rinse</i> (Primer & Bond NT®) aplicado à dentina e ao esmalte e um ionómero de vidro modificado por resina (Fuji Bond LC®) aplicado à dentina.	15 molares são de pacientes com > 60 anos de idade e 15 molares de pacientes adultos jovens.	Não foram registadas diferenças significativas na adesão da resina ou do ionómero de vidro à dentina comparando os dois grupos.

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Amostra</b>	<b>Conclusões</b>
<b>Lopes et al.</b>	2011	Comparar as forças de adesão à dentina jovem e envelhecida após a aplicação de um sistema <i>etch-and-rinse</i> com dois tempos de condicionamento ácido: 15 e 30 segundos.	24 molares são, 12 de pacientes com idades entre os 18 e 22 anos e 12 de pacientes entre os 55 e 60 anos.	A aplicação clínica do sistema adesivo na dentina envelhecida após 15 segundos de condicionamento ácido produz forças de adesão menores. Se este tempo for duplicado, a adesão será maior, semelhante à que se encontra na dentina jovem.
<b>Perdigão et al.</b>	2012	Estudar o efeito do envelhecimento da dentina e da composição de 5 sistemas adesivos nas forças de adesão à dentina. Os sistemas adesivos aplicados foram: Adper Easy Bond® ( <i>self-etch</i> de 1 passo), Experimental Adper Easy Bond® sem copolímero de Vitrebond®, Adper Single Bond Plus® ( <i>etch-and-rinse</i> de 2 passos), Experimental Adper Single Bond® Plus sem copolímero de Vitrebond® e Adper Scotchbond Multi-Purpose® ( <i>etch-and-rinse</i> de 3 passos) como controlo.	60 dentes humanos não cariados agrupados em função da idade: menos de 21 anos, 21-40 anos e mais de 40 anos.	A idade do substrato influencia negativamente a capacidade de adesão de sistemas adesivos <i>etch-and-rinse</i> de 3 passos.



### III – Conclusões

Esta revisão de literatura permitiu concluir que:

- A dentina é um tecido que sofre alterações ao longo do tempo. Nestas incluem-se o aumento da espessura, a diminuição da densidade dos odontoblastos e o preenchimento gradual dos túbulos dentinários por material inorgânico, processo que se denomina esclerose fisiológica.
- A adesão a este substrato é um procedimento complexo que envolve uma necessária desmineralização da superfície pelo ácido para possibilitar a substituição do conteúdo mineral por monómeros de resina. A consequente polimerização origina a camada híbrida, que deve ser coesa e homogénea para promover a estabilidade da interface adesiva.
- O impacto que as alterações que surgem na dentina têm nas forças de adesão é, ainda, um assunto não consensual entre os autores, com alguns a considerarem a dentina envelhecida um substrato que produz menores forças de adesão e outros a demonstrarem, pelo contrário, maiores forças de adesão.
- A menor resistência adesiva da dentina envelhecida defendida em alguns estudos é suportada pelos seguintes factos:
  - A hipermineralização consequente dos efeitos do envelhecimento. Esta alteração torna-a menos suscetível ao ataque ácido, o que dificulta a desmineralização e a infiltração dos monómeros de resina, obtendo-se camadas híbridas com pouca espessura e homogeneidade;
  - Como solução para esta problemática, os autores sugeriram aumentar o tempo de condicionamento ácido na dentina envelhecida, alcançando-se, assim, forças de adesão semelhantes às da dentina jovem.
- Por outro lado, outros autores provaram que, apesar das alterações observadas na dentina envelhecida, estas não são representativas de variações nas forças de adesão quando comparadas com a dentina jovem, concluindo que:
  - Não existe relação entre a espessura da camada híbrida e a idade do substrato;
  - As irregularidades na interface adesiva detetadas no grupo de dentina jovem devem-se às variações na estrutura do colagénio, já que apresentam um maior número de ligações cruzadas e menor grau de calcificação.



- O resultado de outros estudos revelou que a dentina envelhecida produziu maiores forças de adesão. As explicações sugeridas pelos autores podem estar relacionadas com:
  - As fibras de colagénio expostas após o ataque ácido;
  - A composição dos sistemas adesivos, já que aquelas que contém na sua composição bis-GMA foram mais eficazes na redução da microinfiltração no grupo da dentina proveniente de pacientes com idades mais avançadas. O pH também é um elemento importante, já que deve ser ácido o suficiente para produzir a desmineralização da dentina envelhecida hipermineralizada.
- Apesar de todas alterações e possíveis explicações, na maioria dos estudos as diferenças observadas não foram estatisticamente significativas.
- Assim, sugere-se o desenvolvimento de mais estudos, com amostras mais abrangentes e representativas de várias faixas etárias e com a utilização de dentina cariada e múltiplos sistemas e técnicas adesivas.

## IV – Bibliografia

- Avery, J. K., & Chiego, D. J. (2006). *Essentials of Oral Histology and Embriology: A Clinical Approach* (3ª edição). Mosby Elsevier.
- Berkovitz, B. K. B., Holland, G. R., e Moxham, B. J. (2009). *Oral Anatomy, Histology and Embriology* (4ª edição). Mosby Elsevier.
- Brackett, W. W., Tay, F. R., Looney, S. W., Ito, S., Haisch, L. D., & Pashley, D. H. (2008). The effect of subject age on the microtensile bond strengths of a resin and a resin-modified glass ionomer adhesive to tooth structure. *Operative Dentistry*, 33(3), 282–286. doi: 10.2341/07-80.
- Breschi, L., Mazzoni, A., Ruggeri, A., Cadenaro, M., Di Lenarda, R., e De Stefano Dorigo, E. (2007). Dental adhesion review: Aging and stability of the bonded interface. *Dental Materials*, 24(1), 90–101. doi: 10.1016/j.dental.2007.02.009.
- Brunetti-Montenegro, F. L., e Marchini, L. (2013). *Odontogeriatrics: uma visão gerontológica*. Rio de Janeiro: Elsevier.
- Burke, F. M., e Samarawickrama, D. Y. D. (1995). Progressive changes in the pulpo-dentinal complex and their clinical consequences. *Gerodontology*, 12(2), 57–66.
- Burrow, M. F., Takakura, H., Nakajima, M., Inai, N., Tagami, J., e Takatsu, T. (1994). The influence of age and depth of dentin on bonding. *Dental Materials*, 10(4), 241–246. doi: 10.1016/0109-5641(94)90068-X.
- Cannon, M. L. (2015). What is aging? *Disease-a-Month*, 61(11), 454–459. doi: 10.1016/j.disamonth.2015.09.002.
- Carvalho, R. M., Tjäderhane, L., Manso, A. P., Carrilho, M. R., e Carvalho, C. A. R. (2012). Dentin as a bonding substrate. *Endodontic Topics*, 21, 62–88. doi: 10.1111/j.1601-1546.2012.00274.x.
- Cavacas, M. A. A. M. (2014). *Alterações morfológicas dentárias provocadas pelo ruído industrial* (Tese de Doutoramento). Universidade do Porto, Portugal.

- Chuenarrom, C., Benjakul, P., e Daosodsai, P. (2009). Effect of Indentation Load and Time on Knoop and Vickers Microhardness Tests for Enamel and Dentin. *Materials Research*, 12(4), 473–476. doi: 10.1590/S1516-14392009000400016.
- Chun, K. J., Choi, H. H., e Lee, J. Y. (2014). Comparison of mechanical property and role between enamel and dentin in the human teeth. *Journal of Dental Biomechanics*. doi: 10.1177/1758736014520809.
- Clegg, A., Young, J., Iliffe, S., Rikkert, M. O., e Rockwood, K. (2013). Frailty in elderly people. *Lancet*, 281(9868), 752-762. doi: 10.1016/S0140-6736(12)62167-9.
- Coelho, A., Canta, J. P., Martins, J. N. R., Oliveira, S. A., e Marques, P. (2012). Perspetiva histórica e conceitos atuais dos sistemas adesivos amelodentinários - revisão da literatura. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial*, 53(1), 39–46. doi: 10.1016/j.rpemd.2011.11.008.
- Côrte-Real, I. S., Figueiral, M. H., e Campos, J. C. R. (2011). As doenças orais no idoso – Considerações gerais. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial*, 52(3), 175–180. doi: 10.1016/j.rpemd.2011.05.002.
- Direção Geral de Saúde. (2014). Portugal idade maior em números – 2014: A Saúde da População Portuguesa com 65 ou mais anos de idade. Disponível em: [www.dgs.pt](http://www.dgs.pt).
- Fejerskov, O., e Kidd, E. (2005). *Cárie Dentária - A Doença e seu Tratamento Clínico*. São Paulo: Livraria Santos.
- Frassetto, A., Breschi, L., Turco, G., Marchesi, G., Di Lenarda, R., Tay, F. R., ... Cadenaro, M. (2015). Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability-A literature review. *Dental Materials*, 32(2), e41–e53. doi: 10.1016/j.dental.2015.11.007.
- Fuentes, M. F. (2004). Propiedades mecánicas de la dentina humana. *Avances En Odontoestomatología*, 20(2), 79–83. doi: 10.4321/S0213-12852004000200003.
- Giannini, M., Chaves, P., e Oliveira, M. T. (2003). Effect of tooth age on bond strength to dentin. *J Appl Oral Sci*, 11(4), 342–7. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Giannini+M,+Chaves+P,+Oliveira+MT+2003>.

- Hasworth, S. B., e Cannon, M. L. (2015). Social theories of aging: A review. *Disease-a-Month*, 61(11), 475–479. doi: 10.1016/j.disamonth.2015.09.003.
- Heymann, H. O., Swift, E. J. J., e Ritter, A. V. (2013). *Stodervant's Art and Science of Operative Dentistry* (6ª edição). Mosby Elsevier.
- Hilton, T. J., Ferracane, J. L., e Broome, J. C. (2013). *Summitt's Fundamentals of operative dentistry*. (4ª edição). Quintessence books.
- Kishore, M., Panat, S. R., Choudhary, A., Aggarwal, A., Upadhyay, N., Agarwal, N., & Alok, A. (2013). Oral diagnostics: an integral component to geriatric health care. *Aging Male*, 16(4), 159–163. doi: 10.3109/13685538.2013.789014.
- Kreulen, C. M., Gerritsen, A. E., e Creugers, N. H. J. (2014). Resin composite restorations for the elderly patient. *Gerodontology*, 31(4), 243–244. doi: 10.1111/ger.12174.
- Kugel, G., e Ferrari, M. (2000). The Science of Bonding: From First To Sixth Generation. *The Journal of the American Dental Association*, 131, 20S–25S. doi: 10.14219/jada.archive.2000.0398.
- Li, X., An, B., e Zhang, D. (2015). Determination of elastic and plastic mechanical properties of dentin based on experimental and numerical studies. *Applied Mathematics and Mechanics*, 36(10), 1347–1358. doi: 10.1007/s10483-015-1987-9.
- Lipsky, M. S., e King, M. (2015). Biological theories of aging. *Disease-a-Month*, 61(11), 460–466. doi: 10.1016/j.disamonth.2015.09.005.
- Lopes, G. C., Vieira, L. C., Araújo, E., Bruggmann, T., Zucco, J., e Oliveira, G. (2011). Effect of dentin age and acid etching time on dentin bonding. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 13(2), 139–145. doi: 10.3290/j.jad.a19028.
- Mantzourani, M., & Sharma, D. (2013). Dentine sensitivity: Past, present and future. *Journal of Dentistry*, 41(4), S3–S17. doi: 10.1016/S0300-5712(13)70002-2.
- Marshall, G. W. J., Marshall, S. J., Kinney, J. H., e Balooch, M. (1997). The dentin substrate: structure and properties related to bonding. *Journal of Dentistry*, 25(6), 441–458. doi: 10.1016/S0300-5712(96)00065-6.

- Martins, G. C., Franco, A. P. G. O., Godoy, E. P., Maluf, D. R., Gomes, J. C., & Gomes, O. M. M. (2008). Adesivos dentinários. *RGO*, 56(4), 429–436.
- Montoya, C., Arango-Santander, S., Peláez-Vargas, A., Arola, D., e Ossa, E. A. (2015). Effect of aging on the microstructure, hardness and chemical composition of dentin. *Archives of Oral Biology*, 60(12), 1811–1820. doi: 10.1016/j.archoralbio.2015.10.002.
- Nanci, A. (2013). *Ten Cate's Oral Histology: development, structure, and function* (8ª edição). Mosby Elsevier.
- Ozer, F., Sengun, A., Ozturk, B., Say, E. C., e Tagami, J. (2005). Effect of tooth age on microtensile bond strength of two fluoride-releasing bonding agents. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 7(4), 289–95. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16430009>.
- Perdigão, J. (2010). Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dental Materials*, 26(2), 24–37. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.149.
- Perdigão, J., Reis, A., e Loguercio, A. D. (2013). Dentin Adhesion and MMPs: A Comprehensive Review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 25(4), 219–241. doi: 10.1111/jerd.12016.
- Perdigão, J., Sezinando, A., e Monteiro, P. C. (2013). Effect of substrate age and adhesive composition on dentin bonding. *Operative Dentistry*, 38(3), 267–274. doi: 10.2341/12-307-L.
- Pereira, G. D. S., Paulillo, L. A. M. S., De Goes, M. F., e Dias, C. T. S. (2001). How wet should dentin be? Comparison of methods to remove excess water during moist bonding. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 3(3), 257–264.
- Ramos Sánchez, G., Calvo Ramírez, N., e Fierro Medina, R. (2015). Adhésión convencional en dentina, dificultades y avances en la técnica. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*, 26(2), 468–486.
- Ribeiro, D., Pires, I., e Pereira, M. de L. (2012). Comportamentos e auto-percepção em saúde oral de uma população geriátrica da região do Porto, Portugal. *Revista*

- Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial*, 53(4), 221–226. doi: 10.1016/j.rpemd.2012.07.003.
- Ryou, H., Romberg, E., Pashley, D. H., Tay, F. R., e Arola, D. (2015). Importance of age on the dynamic mechanical behavior of intertubular and peritubular dentin. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 42, 229–242. doi: 10.1016/j.jmbbm.2014.11.021.
- Senawongse, P., Otsuki, M., Tagami, J., e Mjör, I. (2006). Age-related changes in hardness and modulus of elasticity of dentine. *Archives of Oral Biology*, 51(6), 457–463. doi: 10.1016/j.archoralbio.2005.11.006.
- Sezinando, A. (2014). Looking for the ideal adhesive - A review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial*, 55(4), 194–206. doi: 10.1016/j.rpemd.2014.07.004.
- Silva, M. F., e Ginjeira, A. (2011). Hipersensibilidade dentinária: Etiologia e prevenção. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária E Cirurgia Maxilofacial*, 52(4), 217–224. doi: 10.1016/j.rpemd.2011.09.002.
- Teixeira, I. N. D. O., e Guariento, M. E. (2010). Biology of aging: theories, mechanisms, and perspectives]. *Ciência & Saúde Coletiva*, 15(6), 2845–2857. doi: 10.1590/S1413-81232010000600022.
- Tjäderhane, L. (2015). Dentin Bonding: Can We Make it Last? *Operative Dentistry*, 40(1), 4–18. doi: 10.2341/14-095-BL.
- Tjäderhane, L., Carrilho, M. R., Breschi, L., Tay, F. R., e Pashley, D. H. (2009). Dentin basic structure and composition-an overview. *Endodontic Topics*, 20(1), 3–29. doi: 10.1111/j.1601-1546.2012.00269.x.
- Toparli, M., e Koksall, N. S. (2005). Hardness and yield strength of dentin from simulated nano-indentation tests. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 77(3), 253–257. doi: 10.1016/j.cmpb.2004.11.003.
- Vaidyanathan, T. K., & Vaidyanathan, J. (2009). Recent advances in the theory and mechanism of adhesive resin bonding to dentin: A critical review. *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 88(2), 558–578. doi:

10.1002/jbm.b.31253.

Van der Putten, G. J., De Baat, C., De Visschere, L., e Schols, J. (2014). Poor oral health, potential new geriatric syndrome. *Gerodontology*, 31(1), 17–24. doi: 10.1111/ger.12086.

Van Der Putten, G. J., De Visschere, L., Van Der Maarel-Wierink, C., Vanobbergen, J., e Schols, J. (2013). The importance of oral health in (frail) elderly people - A review. *European Geriatric Medicine*, 4(5), 339–344. doi: 10.1016/j.eurger.2013.07.007.

Zheng, L., Nakajima, M., Higashi, T., Foxton, R. M., e Tagami, J. (2005). Hardness and Young's modulus of transparent dentin associated with aging and carious disease. *Dental Materials Journal*, 24(4), 648–653.